

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы | |
|--|--|
| Модернизация автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции | |

УДК 681.586-048.35:622.276.53.05-52

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3–8Т31 | Карпов Андрей Николаевич | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|---------------------------------|---------|------|
| Руководитель ВКР | Поройков Дмитрий Юрьевич | Начальник участка ПНР ООО “МСБ” | | |
| Руководитель ООП | Воронин Александр Васильевич | Доцент, к.т.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ШИП | Шаповалова Наталья Владимировна | - | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ИШХБМТ | Невский Егор Сергеевич | - | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|---------|------|
| Руководитель отделения АиР | Леонов Сергей Владимирович | к.т.н. | | |

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения |
| P2 | Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. |
| P3 | Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств. |
| P4 | Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений. |
| P5 | Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств. |
| P6 | Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств. |
| P7 | Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств. |
| <i>Универсальные компетенции</i> | |
| P8 | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий. |
| P9 | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам. |
| P10 | Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду. |
| P11 | Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности. |

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) **Воронин А.В.**
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| Бакалаврской работы |
|---------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| З-8Т31 | Карпов Андрей Николаевич |

Тема работы:

| | |
|---|--|
| Модернизация автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 05.06.2018 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Объектом исследования является блочно-кустовая насосная станция</p> |
|---|--|

| | |
|--|---|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>1 Описание технологического процесса 2 Выбор архитектуры АС 3 Разработка структурной схемы АС 4 Функциональная схема автоматизации 5 Разработка схемы информационных потоков АС 6 Выбор средств реализации АС 7 Разработка схемы соединения внешних проводок 8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 9 Разработка экранных форм АС</p> |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio 2 Перечень входных/выходных сигналов ТП 3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio 4 Схема информационных потоков 5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab 6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма 7 Дерево экранных форм 8 SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта 9 Обобщенная структура управления АС 10 Трехуровневая структура АС</p> |
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> | |
| <p>Раздел</p> | <p>Консультант</p> |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> | <p>Старший преподаватель ШИП Шаповалова Наталья Владимировна</p> |
| <p>Социальная ответственность</p> | <p>Ассистент ИШХБМТ Невский Егор Сергеевич</p> |

| | |
|--|----------------------|
| <p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p> | <p>26.02.2018 г.</p> |
|--|----------------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| Начальник участка ПНР ООО “МСБ” | Поройков Дмитрий Юрьевич | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 3-8Т31 | Карпов Андрей Николаевич | | |

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и роботехники

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Период выполнения – весенний семестр 2018 учебного года

Форма представления работы:

| |
|---------------------|
| бакалаврская работа |
|---------------------|

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 05.06.2018 г. |
|--|---------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|---------------------------------------|
| 30.05.2018 г. | Основная часть | 60 |
| 04.05.2018 г. | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 20 |
| 04.05.2018 г. | Социальная ответственность | 20 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Учёная степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Начальник участка ПНР ООО “МСБ” | Поройков Дмитрий Юрьевич | | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Учёная степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Воронин Александр Васильевич | к.т.н. | | |

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения |
| P2 | Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. |
| P3 | Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств. |
| P4 | Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений. |
| P5 | Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств. |
| P6 | Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств. |
| P7 | Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств. |
| <i>Универсальные компетенции</i> | |
| P8 | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий. |
| P9 | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам |
| P10 | Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду. |
| P11 | Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности. |

Реферат

Пояснительная записка содержит 84 страницы машинописного текста, 24 таблицы, 19 рисунков, 1 список использованных источников из 18 наименований, 8 приложений.

Объектом исследования является блочно-кустовая насосная станция.

Цель работы – модернизация автоматизированной системы управления БКНС с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Mitsubishi Electric, с применением SCADA-системы Trace Mode 6.09.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

Блочно – кустовая насосная станция, Автоматизированная система управления, пид-регулятор, локальный программируемый логический контроллер, коммутационный программируемый логический контроллер, SCADA – система.

Содержание

| | |
|--|----|
| Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки | 10 |
| Введение | 12 |
| 1 Техническое задание | 13 |
| 1.1 Основные цели и задачи создания АСУ ТП | 13 |
| 1.2 Требования к системе | 14 |
| 1.3 Требования к техническому обеспечению | 14 |
| 1.4 Требования к метрологическому обеспечению | 18 |
| 1.5 Требования к надежности | 18 |
| 1.6 Требования к электропитанию и электрозащите | 19 |
| 1.7 Требования к программному обеспечению | 19 |
| 1.8 Требования к информационному обеспечению | 20 |
| 1.9 Требования к математическому обеспечению | 20 |
| 2. Основная часть | 21 |
| 2.1. Описание технологического процесса | 21 |
| 2.2 Выбор архитектуры АС | 21 |
| 2.3. Разработка структурной схемы АС | 23 |
| 2.4 Функциональная схема автоматизации | 24 |
| 2.5 Разработка схемы информационных потоков БКНС | 25 |
| 2.6 Выбор средств реализации БКНС | 27 |
| 2.6.1 Выбор контроллерного оборудования БКНС | 28 |
| 2.6.2 Выбор датчиков | 30 |
| 2.6.3 Выбор исполнительных механизмов | 39 |
| 2.6.4 Разработка схемы внешних проводок | 44 |
| 2.6.5 Выбор алгоритмов управления АС БКНС | 45 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.6.6 | Экранные формы АС БКНС | 50 |
| 3.1 | Технология QuaD | 54 |
| 3.2 | Планирование научно-исследовательских работ..... | 55 |
| 3.3 | Бюджет научно-технического исследования | 58 |
| 3.5 | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..... | 62 |
| 4. | Социальная ответственность | 67 |
| 4.1. | Датчики | 68 |
| 4.2. | Обеспечение информационной безопасности..... | 71 |
| 4.3. | Связь контроллера и оператора | 72 |
| 4.4. | Интерфейсы | 72 |
| | Заключение | 74 |
| | Список используемых источников..... | 75 |

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

автоматизированная система (АС) – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN) – совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

видеокадр: область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.

мнемосхема: представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

мнемознак: представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

интерфейс оператора: совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

профиль АС: определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС.

протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART и др.): набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами.

технологический процесс (ТП): последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

архитектура автоматизированной системы: набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС.

OPC-сервер: программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC.

тег: метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

modbus: коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер».

Обозначения и сокращения

OSI (Open Systems Interconnection) – Эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

PLC (Programmable Logic Controllers) – Программируемые логические контроллеры (ПЛК);

HMI (Human Machine Interface) –Человеко-машинный интерфейс;

OPC (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

IP (International Protection) – Степень защиты;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

КИПиА– контрольно-измерительные приборы и автоматика;

Введение

Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли является одним из прогрессирующих направлений в области автоматизации. Под автоматизацией понимается применение комплекса аппаратно-технических средств, экономико-математических средств, систем управления, которые частично освобождают человека от участия в повторяющихся или циклических процессах, или от иного труда. В выпускной квалификационной работе будет рассмотрена автоматизация системы управления блочно-кустовой насосной станции (БКНС). Для этого в первую очередь составляется техническое задание, согласно, которому рассматривается технологический процесс работы БКНС, структура автоматизированной системы, идет подбор комплекса аппаратно-технических средств, реализация алгоритмов, подбор и реализация программного обеспечения, а также моделирование самого технологического процесса.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции.

1 Техническое задание

Настоящее техническое задание описывает задачу создания автоматизированной системы управления технологическими процессами блочно-кустовой насосной станции (БКНС).

Основанием для выполнения работ по теме является задание на выполнение по созданию АСУ ТП БКНС.

1.1 Основные цели и задачи создания АСУ ТП

АСУ ТП БКНС предназначена для:

- Для стабилизации заданных режимов технологического процесса путем контроля технологических параметров, визуального представления, и выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы, как в автоматическом режиме, так и в результате действий технолога - оператора;
- Для определения аварийных ситуаций на технологических узлах путем опроса подключенных к системе датчиков в автоматическом режиме, анализа измеренных значений, и переключения технологических узлов в безопасное состояние путем выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы в автоматическом режиме, или по инициативе оперативного персонала.
- Для поддержания пластового давления в продуктивных пластах нефтяных месторождений методом закачивания пресной, пластовой и сточной воды (полимеров) в пласт;
- Для перекачивания нефтепродуктов (после газовой сепарации);
- Для перекачивания жидкостей (загрязненной воды, нефтяных эмульсий и др.)
- Для автоматизированного контроля и управления в реальном масштабе.

Основные цели системы:

Стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;

Увеличение выхода товарной продукции;

- Уменьшение материальных и энергетических затрат;
- Выбор рациональных технологических режимов с учетом показаний промышленных анализаторов, установленных на потоках, и оперативной корректировки режима по данным лабораторных анализов;
- Улучшение качественных показателей конечной продукции;
- Предотвращение аварийных ситуаций.

1.2 Требования к системе

Информационно-управляющая система БКНС должна проектироваться как открытая иерархическая распределенная система с использованием стандартных протоколов межуровневого обмена.

Для осуществления выбора структуры информационно-управляющей системы, аппаратно-технического комплекса, а именно контроллеров, датчиков и исполнительных механизмов должен быть реализован на основе альтернатив, с технико-экономическим обоснованием.

Комплекс аппаратно-технических средств должен иметь сертификаты Госстандарта РФ. Должна быть предусмотрена автономная работа всей системы на всех уровнях иерархии. Всевозможные сбои, отключения каналов контроля и измерения параметров, определяющих взрывоопасность объекта, а также любые изменения системы защиты должны фиксироваться системой. Обязателен учет и ведение статистики всех тревог и аварий.

Предусмотреть возможность аварийной остановки технологического процесса по физическим каналам.

На всех уровнях системы должна быть обеспечена защита от несанкционированного доступа к ее функциям и информации с помощью паролей, определяющих права доступа, ключей или других способов.

1.3 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках, в зависимости от зоны расположения объекта должно быть устойчивым к воздействию

температур от минус 40°C до плюс 60°C и влажности не менее 60% при температуре 35°C.

Система должна иметь возможность наращивания, модернизации и развития системы, должен быть предусмотрен резерв по каналам ввода/вывода не менее 20%.

В ходе технологического процесса необходим контроль следующих параметров:

Давление, МПа:

- избыточное давление на входе и выходе насосов;
- дифференциальное давление на фильтрах входа насосов и маслосистемы;
- избыточное давление газа в сепараторе;
- избыточное давление масла в маслосистеме насосов и электродвигателей;

Расходы воды, м³/ч:

- на выходе и выходе КНС;
- на выходе из насосов;

Уровень, мм:

- уровень воды в сепараторе;
- уровень масла в маслобаках;
- уровень конденсат в дренажной емкости;

Температура, °C:

- температура подшипников насоса;
- температура подшипников электропривода насоса;
- температура масла в маслосистеме.

И прочие:

- нагрузка на электродвигатель;

Опрос показаний датчиков, а также состояние контролируемых параметров не должно превышать 2 секунд, при этом учесть, что время

реагирования на события, должно соответствовать времени опроса датчика, т.е. не более 2 секунд.

Все средства измерений должны иметь унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

Для реализации сбора и обработки информации в составе подсистем управления должны быть предусмотрены модули:

- Ввода сигналов 4-20 мА;
- Ввода сигналов 4-20 мА со встроенными барьерами искрозащиты;
- Входа милливольтовых сигналов со встроенными барьерами искрозащиты;
- Ввода дискретных сигналов;
- Ввода по протоколу RS-422/RS-485 от периферийных микропроцессорных устройств.

Вывод управляющих воздействий, рассчитанных по законам регулирования, должен осуществляться через модули вывода аналоговых токовых сигналов на электропневмопозиционеры, установленные на пневматических исполнительных механизмах.

Вывод дискретных управляющих воздействий и блокировок для управления электрооборудованием выполняется через модули вывода дискретных сигналов.

Все измерительные средства системы, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Все датчики должны быть оснащены искробезопасными цепями. Предусмотреть работу датчиков в агрессивных средах, использовать коррозионностойкие материалы для чувствительных элементов.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

Исполнительные механизмы (ИМ) дополнительно должны иметь ручной

привод и указатели крайних положений, устанавливаемые непосредственно на самих ИМ, а также устройства для ввода этой информации в систему с целью сигнализации состояния ИМ.

Системное ПО должно обеспечивать выполнение всех функций ИУС. На первом уровне это должна быть операционная система реального времени, временные характеристики и коммуникационные (сетевые) возможности которой удовлетворяют требованиям конкретного применения.

На втором и третьем уровнях это должна быть сетевая операционная система с развитыми средствами поддержки баз данных реального времени и графического интерфейса пользователя. Операционные системы всех уровней ИУС должны иметь стандартные открытые сетевые протоколы обмена данными.

Инструментальное ПО должно обеспечивать выполнение функций конфигурирования (настройки) базового прикладного ПО и создание специального прикладного ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации (БДК) по входным/выходным сигналам;
- конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных функциональных блоков;
- создание мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния технологических объектов;
- конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов);
- конфигурирование трендов истории параметров;

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня ИУС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня ИУС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

1.4 Требования к метрологическому обеспечению

На стадии внедрения должна производиться метрологическая аттестация измерительных каналов системы и метрологических характеристик в целом в соответствии с ГОСТ 8009-85.

В измерительные каналы системы входят следующие компоненты: датчики, преобразователи, устройства связи с объектом (контроллеры), линии связи, программное обеспечение.

Датчики должны иметь следующие метрологические характеристики:

Погрешность средства измерения:

- Датчик избыточного давления не более $\sigma=0,25\%$;
- Датчик дифференциального давления не более $\sigma=0,25\%$;
- Датчик уровня не более $\sigma=0,5\%$;
- Датчик температуры не более $\sigma=0,3\%$;
- Датчик расхода не более $\sigma=0,5\%$;

Межповерочный интервал:

- Датчик избыточного давления не менее 3 лет;
- Датчик дифференциального давления не менее 3 лет;
- Датчик уровня не менее 3 лет;
- Датчик температуры не менее 3 лет;
- Датчик расхода не менее 3 лет;

Диапазон измерений:

- Датчик избыточного давления от 1 до 25 МПа;
- Датчик дифференциального давления от 1 до 25 МПа;
- Датчик уровня от 0 до 1000 мм;
- Датчик температуры от минус 100 до 300 °С;
- Датчик расхода от 0 до 50 м³/ч;

1.5 Требования к надежности

Надежность выполнения основных функций системы должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) средняя наработка на отказ: не менее 5000 часов;
- 2) средний срок службы: не менее 8 лет;
- 3) возможность теплого и горячего резервирования;

1.6 Требования к электропитанию и электрозащите

Питание ПТК ИУС на всех уровнях должно соответствовать требованиям правил устройств электроустановок ПУЭ и использовать подключение к сети электропитания по схеме "звезда" и к общей сети заземления.

Элементы ПТК должны сохранять работоспособность при следующих параметрах питающей сети: напряжение: $220\text{ В} + 10\% - 15\%$; частота: $50\text{ Гц} + 1\% - 1\%$.

Переход с основного источника питания на резервный и обратно должен осуществляться автоматически без потери работоспособности системы.

ПТК ИУС должны отвечать требованиям безопасности. Внешние элементы приборов, находящихся под напряжением, должны иметь защитное заземление [1].

1.7 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение должно быть совместимым с существующими на объектах эксплуатации ПО.

Программное обеспечение должно быть на русском языке, иметь простой интерфейс, обладать защитными функциями в виде паролей. Программное обеспечение должно иметь возможность создавать и вести базу данных по технологическим параметрам системы, создание мнемосхем и визуализация состояния всего технологического процесса, так и отдельных объектов системы.

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики). Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3.

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня АС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

1.8 Требования к информационному обеспечению

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;
- структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

В состав информационного обеспечения должны входить:

- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

1.9 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

2. Основная часть

2.1. Описание технологического процесса

Автоматизированная блочная кустовая насосная станция (АБКНС) предназначена для закачки воды в продуктивные пласты нефтяных месторождений. БКНС обычно поставляется в виде отдельных блок-боксов, изготовленных в заводских условиях и поставляемых к месту строительства. Работа БКНС осуществляется следующим образом: вода по приёмному коллектору через задвижки и фильтры, на которых задерживаются механические примеси, поступает на вход насосных агрегатов. Пройдя насосные агрегаты, жидкость под давлением 21 МПа по напорному трубопроводу, через счётчики воды, обратные клапаны и задвижки, поступает в напорный коллектор. Через обратные клапаны и задвижки отводящих водоводов блока коллекторов жидкость направляется к нагнетательным скважинам. БКНС обычно включает в себя группу однотипных насосов. Для обеспечения смазки и охлаждения подшипников основных насосных агрегатов предусмотрены индивидуальные системы смазки для каждого насоса. Подача масла к подшипникам электродвигателей осуществляется следующим образом: масло из маслобака, по приёмному трубопроводу, поступает на вход насосного агрегата. Пройдя насосный агрегат, масло под давлением по напорному трубопроводу, через маслоохладители поступает к подшипникам электродвигателей. От подшипников электродвигателей масло самотёком, через вентили, сливается в маслобак. Охлаждение масла – воздушное.

Функциональная схема приведена в приложении А.

2.2 Выбор архитектуры АС

В основе разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит понятие ее профиля. Под профилем понимается набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи. Основными целями применения профилей являются:

- снижение трудоемкости проектов АС;
- повышение качества оборудования АС;

- обеспечение расширяемости (масштабируемости) АС по набору прикладных функций;
- обеспечение возможности функциональной интеграции задач информационных систем.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- профиль прикладного программного обеспечения;
- профиль среды АС;
- профиль защиты информации АС;
- профиль инструментальных средств АС.

В роли профиля будет выступать прикладное ПО, а именно SCADA-система Trase Mode 6.09. Профиль среды автоматизированной системы будет базироваться на операционной системе Windows 10.

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM предусматривает разбиение ПО на три уровня:

- внешняя среда;
- платформа сервисов;
- прикладное ПО.

Уровни связываются (взаимодействуют) между собой через интерфейсы.

Внешней средой АС является полевой уровень АС.

Платформа сервисов предоставляет сервисы классов API и EEI через соответствующие интерфейсы.

Верхний уровень (прикладное ПО) включает в себя SCADA-системы, СУБД и HMI.

Наиболее актуальными прикладными программными системами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой клиент-сервер. Для решения задач взаимодействия клиента с сервером используются стандарты OPC. Суть OPC сводится к следующему: предоставить разработчикам промышленных программ универсальный интерфейс (набор функций обмена данными с любыми устройствами АС).

В качестве связи SCADA с датчиками и исполнительными устройствами используется унифицированный токовый сигнал 4–20 мА. Для передачи данных будем использовать RS-485, RS-232, Ethernet, TCP/IP.

2.3. Разработка структурной схемы АС

Структурная схема автоматизированной системы будет основана на трехуровневой иерархической системе. Трехуровневая структурная схема АС приведена в альбоме схем.

Нижний уровень системы представляет собой первичные средства измерений. Полевой уровень разрабатываемой системы будет состоять из следующих датчиков:

- датчики избыточного давления;
- датчики дифференциального давления;
- датчики температуры;
- датчики уровня;
- датчики расхода;
- датчик положения;

Средний (контроллерный) уровень представляет собой контроллерное оборудование. Программируемые логические контроллеры, выполняющие функцию сбора информации, ее обработки, выдачу воздействий на исполнительные механизмы, хранение и отправку информации на верхний уровень. Контроллеры устанавливаются в пылевлагозащищенный шкаф, датчики и исполнительные механизмы подключаются при помощи модулей ввода/вывода через защищенный кабельный ввод и барьер искрозащиты.

К верхнему уровню относятся компьютеры и сервера базы данных, которые объединены в локальную сеть Ethernet. Верхний уровень выполняет функции. В нашей системе использована SCADA-система Trace Mode 6.09.

Верхний уровень представлен АРМ оператора:

Персональный компьютер:

- монитор 21 дюйм;

- клавиатура;
- мышь;
- видеосервер;
- ИБП;

Программное обеспечение:

- Excel;
- Trace Mode 6.09;
- OPC сервер;
- Драйвер RS-485;
- Драйвер AC4;
- Modbus RTU;

2.4 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматического контроля и управления предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации технологических процессов [1].

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме автоматизации изображаются системы автоматического контроля, регулирование, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок [1].

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

В данной работе функциональная схема автоматизации разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной

документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [13, 14].

2.5 Разработка схемы информационных потоков БКНС

Схема информационных потоков, которая приведена в альбоме схем, включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки),
- средний уровень (уровень текущего хранения),
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- избыточное давление на входе насосов;
- избыточное давление на выходе насосов;
- дифференциально давление на фильтрах;
- уровень конденсата в дренажной емкости;
- расход воды на входе/выходе КНС;
- температура подшипников;
- температура масла.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD,

где

1) AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;

- RAS – расход;
- URV – уровень;
- REG – управляющий сигнал;

2) BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- VHD – входной трубопровод;
- VYH – выходной трубопровод;
- DVG – двигатель;
- KNS – КНС;
- SEP – сепаратор;
- MAS – маслосистема;

3) CCCC – уточнение, не более 4 символов:

- NEFT – нефть;
- MASL – масло;
- VODA – вода;
- GAZ – газ;
- POD – подшипник;

4) DDDDD – примечание, не более 5 символов:

- RAB – рабочий диапазон;
- AVRH – верхняя аварийная сигнализация;
- AVRL – нижняя аварийная сигнализация;
- PRDH – верхняя предупредительная сигнализация;
- PRDL – нижняя предупредительная сигнализация.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка сигналов в SCADA-системе

| Кодировка | Расшифровка кодировки |
|-------------------|---|
| DAV_VHD_WORK_VOD | Давление воды на входе насосов |
| DAV_VYH_WORK_VOD | Давление воды на выходе насосов |
| URV_SEP_WORK_VOD | Уровень воды в сепараторе |
| URV_MAS_WORK_MASL | Уровень масла в маслобаках маслосистемы |
| RAS_VHD_WORK_VOD | Расход воды на входе в КНС |
| RAS_VYH_WORK_VOD | Расход воды на выходы КНС |
| TEM_DVG_WORK_POD | Температура подшипников электропривода |
| TEM_MAS_WORK_MASL | Температура масла в маслосистеме |

На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате Excel. Генерация отчетов выполняется по следующим расписаниям:

- каждый четный / нечетный час (двухчасовой отчет);
- каждые сутки (двухчасовой отчет в 24.00 каждых суток);
- каждый месяц;
- по требованию оператора (оперативный отчет).

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

- сводка по текущему состоянию оборудования;
- сводка текущих измерений.

2.6 Выбор средств реализации БКНС

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

Программно-технические средства АС БКНС включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, а также системы сигнализации.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют

электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования БКНС

Для выбора контроллера произведем оценку следующих видов ПЛК:

- Schneider Electric Modicon M238;
- Mitsubishi Electric;
- ОВЕН ПЛК 110;

Для нашей системы достаточно использовать Mitsubishi Electric, так как по функциональным возможностям, надежности, возможностью наращивания не уступает Schneider Electric Modicon M238, однако стоимость его ниже, при этом данный вид контроллера уже имеет практическое применение в данном типе автоматизации, в отличие от ОВЕН ПЛК110, который уступает по надежности, модулям ввода/вывода, хотя его стоимость намного ниже.

Для выполнения задач, связанных с контролем и управлением процессом на БКНС, при разработке системы автоматического регулирования (САР), было выбрано семейство контроллеров фирмы Mitsubishi Electric, MELSEC L (рисунок 3), исходя из таких параметров, как:

- затраты, связанные на внедрение, освоение и техническую поддержку контроллера;
- надежность, которая складывается из: отсутствия отказов (рекламаций), востребованности контроллеров в отраслях промышленности РФ, востребованности контроллеров в отраслях мировой экономики.
- обмен данными: поддержка стандартных сетевых протоколов и форматов данных, производительность;
- удобство работы, то есть универсальность и наличие стандартных языков математического описания данных и процессов.



Рисунок 1 – Mitsubishi Electric, MELSEC L

Mitsubishi Electric, MELSEC L – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации средней степени сложности.

Модульная конструкция MELSEC L, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства. .

Все модули работают с естественным охлаждением.

Технические характеристики процессорного модуля L02SCPU приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики процессорного модуля L02SCPU

| Параметры | Значение |
|--------------------------------------|--|
| Способ управления | Циклическое выполнение сохранённой программы |
| Адреса ввода-вывода | 1024/8192 |
| Языки программирования | Функциональный блок, язык релейных схем, MELSAP3(SFC), MELSAP-L, структурированный текст (ST), логический символический язык |
| Основные скорости обработки операций | 60нс |
| Размер программы (кол-во шагов) | 20к |

Продолжение таблицы 2

| | | |
|--|-------------------------|---|
| Объём памяти | Память программы, байты | 80к |
| | Стандартная RAM, байты | 128к |
| | Стандартная ROM, байты | 512к |
| Встроенные функции | Встроенные входы/выходы | 16 входов (24 В пост.т.) /8выходов (5-24 В пост.т., 0.1 А на канал) |
| | Регистрация данных | 10 настроек регистрации данных (для каждой можно задать 32-4832 Кб) |
| | Интерфейс связи | RS232, USB |
| | Подключение CC-Link | – |
| Таймер (Т) | | 2048 |
| Счётчик (С) | | 1024 |
| Relay (М) | | 8192 |
| Максимальное кол-во подключаемых модулей | | Базовый блок: 10модулей, Блок расширения: 11модулей |
| Вес, кг | | 0,32 |
| Размеры (ШхВхГ), мм | | 70х90х95 |

2.6.2 Выбор датчиков

2.6.2.1 Выбор расходомера

В качестве расходомеров рассмотрим кориолисовые расходомеры:

- Метран 360;
- Micro Motion F24;
- Yokogawa Rota Mass 3;

Сравнение расходомеров приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение кориолисовых расходомеров

| Параметр | Метран 360 | Kobold DMH-R | Yokogawa Rota Mass 3 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Погрешность измерения | ±0,5 | ±0,5 | ±0,1 |
| Выходной сигнал | 4-20 мА + HART | 4-20 мА + HART | 4-20 мА + HART |
| Межповерочный интервал | 4 года | 4 года | 4 года |
| Средний срок службы | 18 лет | 12 лет | 12 лет |
| Степень защиты | IP68 | IP68 | IP68 |

| | | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------|
| Среднее время наработки на отказ | 10 000 ч | 10 000 ч | 10 000 ч |
| Цена | 184 740 | 287 000 | 327 452 |

В итоге выбран расходомер Kobold DMH-R (рисунок 4), так как затраты на внедрение и обслуживание намного ниже чем у других вариантов, при этом он удовлетворяет нас по степени защиты, диапазону температур, классу точности, выходному сигналу 4-20 мА, подходит для агрессивных сред.

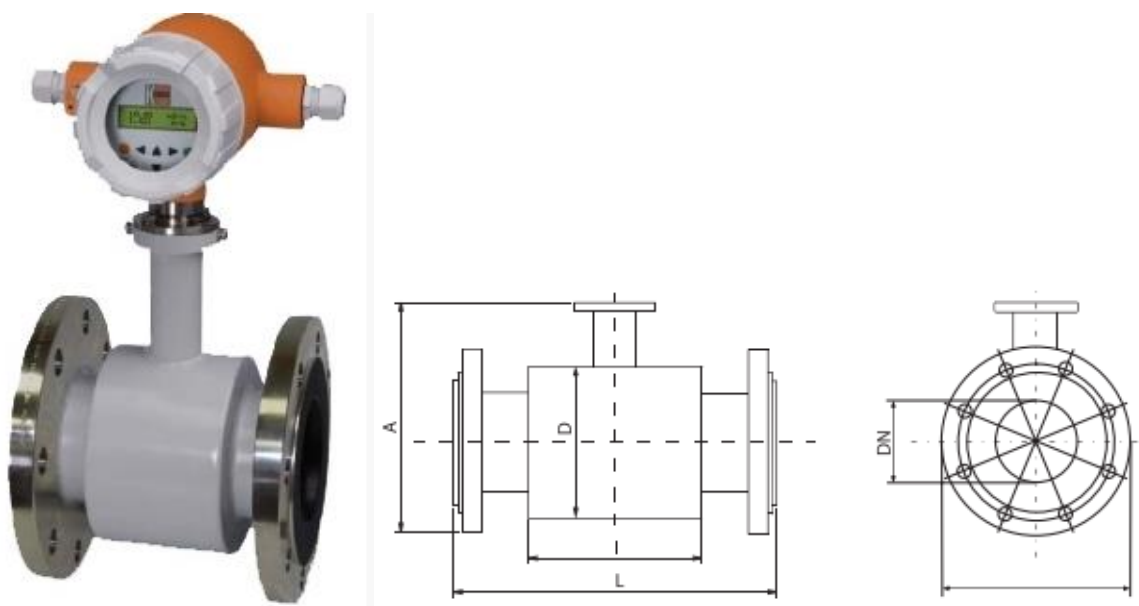


Рисунок 4 – расходомер KOBOLD DMH-R

Опросный лист для расходомеров

* - поля, обязательные для заполнения

| Общая информация | | | | | | |
|--|--|--|---|--|------------------------------|-------------------------|
| Предприятие*: ТПУ | | Дата заполнения: | | | | |
| Контактное лицо*: Барамыков | | Тел/факс*: | | | | |
| Адрес*: | | E-mail: | | | | |
| Опросный лист №: | Позиция по проекту: | Количество*: | | | | |
| Информация об измеряемой среде | | | | | | |
| Измеряемая среда*: | | Фазовое состояние*: <input type="checkbox"/> газ <input checked="" type="checkbox"/> жидкость <input type="checkbox"/> пар | | | | |
| Полный состав в молярных долях (для природного, попутного газа или смеси)* | Метан CH ₄ | _____ % | i-Пентан C ₅ H ₁₂ | _____ % | Гелий He | _____ % |
| | Азот N ₂ | _____ % | n-Пентан C ₅ H ₁₂ | _____ % | Аргон Ar | _____ % |
| | Диоксид Углерода CO ₂ | _____ % | n-Гексан C ₆ H ₁₄ | _____ % | Вода H ₂ O | _____ % |
| | Этан C ₂ H ₆ | _____ % | n-Гептан C ₇ H ₁₈ | _____ % | Сероводород H ₂ S | _____ % |
| | Пропан C ₃ H ₈ | _____ % | n-Октан C ₈ H ₁₈ | _____ % | Водород H ₂ | _____ % |
| | i-Бутан C ₄ H ₁₀ | _____ % | n-Нокан C ₉ H ₂₀ | _____ % | Оксид Углерода CO | _____ % |
| | n-Бутан C ₄ H ₁₀ | _____ % | n-Декан C ₁₀ H ₂₂ | _____ % | Кислород O ₂ | _____ % |
| Для природного, попутного газа или смеси плотность при стандарт. усл. (20° С и 101,325 кПа-абс)*: _____ кг/м ³ | | | | | | |
| Информация о процессе | | | | | | |
| Измеряемый расход* | Мин 200 | Ном 500 | Макс 1000 | <input type="checkbox"/> м ³ /ч (в рабочих условиях) <input type="checkbox"/> м ³ /ч (приведенный к стандартным условиям) <input checked="" type="checkbox"/> кг/ч, <input type="checkbox"/> т/ч прочие единицы | | |
| | | | | | | |
| Давление избыточное* | Мин _____ | Ном _____ | Макс _____ | <input type="checkbox"/> кгс/см ² <input type="checkbox"/> МПа <input type="checkbox"/> кПа | | |
| Температура среды* | Мин +10 | Ном +30 | Макс +55 | ° С | | |
| Плотность* | Мин _____ | Ном _____ | Макс _____ | кг/м ³ | | |
| Вязкость* | Мин _____ | Ном _____ | Макс _____ | <input type="checkbox"/> сП <input type="checkbox"/> сСт | | |
| Информация о трубопроводе в месте установки расходомера | | | | | | |
| Внутренний диаметр трубопровода (указать точно)*: 190 мм | | | | Толщина стенки: 10 мм | | Материал (марка стали): |
| Ориентация трубопровода*: <input checked="" type="checkbox"/> горизонтальный; <input type="checkbox"/> вертикальный (направление потока: <input type="checkbox"/> вверх <input type="checkbox"/> вниз) | | | | | | |
| Длины прямых участков трубопровода в месте установки: до расходомера 5 м; после расходомера _____ м | | | | | | |
| Местные сопротивления до расходомера (одиночное колено, группа колен в одной плоскости /разных плоскостях, задвижка полнопроходная/неполнопроходная, сужение/расширение трубопровода) | | | | _____ 35 | | |
| Требования к исполнению расходомера | | | | | | |
| На выходе расходомера требуется получать расход в*: | | | | <input type="checkbox"/> м ³ /ч (в рабочих условиях) <input type="checkbox"/> м ³ /ч (приведенный к стандартным условиям) <input checked="" type="checkbox"/> кг/ч, <input type="checkbox"/> т/ч прочие единицы | | |
| Основная относительная погрешность измерения расхода не более 0,5 % | | | | | | |
| Температура окружающей среды: от -40 до +50 °С | | | | | | |
| Исполнение по взрывозащите: <input type="checkbox"/> без взрывозащиты <input checked="" type="checkbox"/> взрывонепр. оболочка <input checked="" type="checkbox"/> искробезопасная цепь | | | | | | |
| Эксплуатация расходомера: <input type="checkbox"/> отдельно <input type="checkbox"/> в составе узла учета (тип: <input type="checkbox"/> коммерческий <input type="checkbox"/> технологический) | | | | | | |
| Желаемый монтаж преобразователя и первичного сенсора: <input type="checkbox"/> интегральный <input type="checkbox"/> удаленный (импульсные линии) | | | | | | |
| Дополнительное оборудование, аксессуары, услуги | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> ЖК-индикатор | | | | <input checked="" type="checkbox"/> встроенный <input type="checkbox"/> автономный цифровой индикатор | | |
| <input type="checkbox"/> Вентильный блок | | | | <input type="checkbox"/> трехвентильный <input type="checkbox"/> пятивентильный | | |
| <input type="checkbox"/> Возможность монтажа/демонтажа без сброса давления в трубопроводе (при невозможности остановки тех. процесса) | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Клеммный блок с защитой от переходных процессов | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Импульсные линии длина _____ мм | | | | <input type="checkbox"/> под сварку <input type="checkbox"/> резьбовые | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Коммуникационные средства | | | | <input checked="" type="checkbox"/> HART-коммуникатор <input type="checkbox"/> ПО «Помощник инженера» | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> HART-конвертор 333 (3 дополнительных сигнала 4-20 мА) | | | | <input type="checkbox"/> Wireless HART (беспровод.) | | |
| <input type="checkbox"/> Другое (указать) _____ | | | | <input type="checkbox"/> шеф-надзор | | |

Расходомер фирмы KOBOLD серии DMH-R (EP-R) предназначен для измерения и контроля объёмного расхода жидкостей, суспензий, паст и других электропроводящих материалов без потери давления.

Когда электропроводящая среда проходит через направленное магнитное поле, то, в соответствии с законом индукции Фарадея, возникает электрическое напряжение.

Величина этого напряжения пропорциональна средней скорости потока, а, следовательно, и объёмному расходу.

Расходомер состоит из датчика, который улавливает сигнал, порожденный возникшим напряжением, и преобразователя, который преобразует его в стандартный выходной сигнал (4-20 мА или пульсация). Преобразователь может быть прикреплен к датчику или установлен отдельно.

Давление, температура, плотность и вязкость не оказывают влияния на результаты измерения расхода. Следует избегать твердых частиц и пузырьков газа.

Отличительные особенности серии DMH-R (EP-R):

- большой выбор материала оболочки
- электроды из нержавеющей стали, хастелоя, тантала или платины
- широкий ассортимент соединений
- возможность эксплуатации в неблагоприятных условиях окружающей среды

2.6.2.2 Выбор датчиков давления

Для задачи измерения давления проведем сравнительный анализ следующих датчиков:

1. Сапфир-22М;
2. Rosemount 3051С;
3. КВАРЦ-2;
4. Метран -44 Ех-ДД;
5. Метран серии 3051.

Результаты сравнения сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Обзор датчиков давления

| | | | |
|--------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Критерии выбора | Сапфир-22М | Метран -44 Ех-ДД | PAD RKobold |
| Измеряемая среда | Газ, жидкость, пар | Газ, жидкость, пар | Газ, жидкость, пар |
| Диапазоны пределов измерений | - | 0–6МПа | 0–13,8МПа |
| Предел допускаемой погрешности | 0,25% | 0,25% | 0,075% |
| Выходной сигнал | 4–20мА | 4–20мА на базе HART | 4–20мА на базе HART |
| Температура окружающей среды | -50 +80 °С | -40 +70 °С | -40 +120 °С |
| Наличие ЖКИ | нет | да | да |
| Срок службы | 12 лет | 12 лет | 12 лет |
| Степень защиты от пыли и воды | - | IP65 | IP65 |

В результате анализа был выбран датчик давления Kobold PAD-R (Рисунок 5) от фирмы Kobold, потому что он имеет аналоговый выход 4-20 мА с протоколом HART в отличие от САПФИР-22М, подходит для работы с агрессивными нефтяными средами в нужном диапазоне температур.

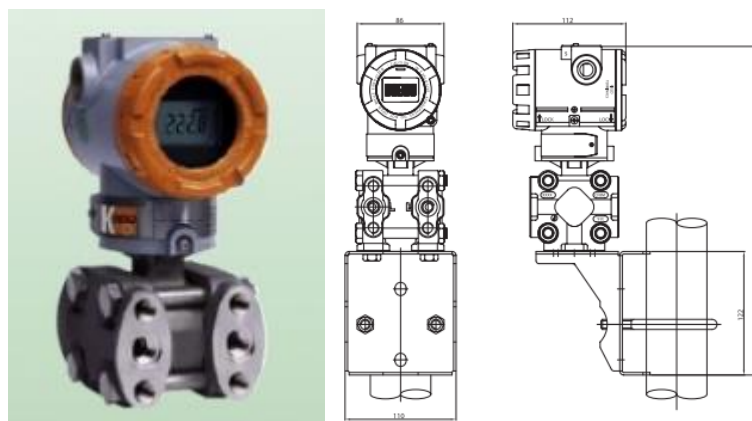


Рисунок 2 – Kobold PAD-R

Датчик дифференциального давления PAD-R фирмы Kobold является высокоэффективным датчиком с микропроцессором. Датчик имеет гибкую систему калибровки давления и выхода, автоматическую систему компенсации

температуры окружающей среды и переменной процесса, поддерживает коммуникацию по HART® протоколу, характеризуется оптимальным сочетанием разных параметров. Датчик дифференциального давления характеризуется широким спектром сфер применения - его можно использовать для измерения давления, потока, уровня. Все поступающие на сенсор данные обрабатываются и сохраняются в EEPROM. Датчик давления модели PAD-R-F производства Kobold предназначен также и для измерения потока. В данной модификации датчик имеет суммирующую функцию, что позволяет не только определять скорость потока, но и вычислять суммированный поток. Датчик измеряет скорость потока, используя дифференциальное давление без учета компенсации температуры и статического давления. По внешнему виду датчик PAD-R-F не отличается от стандартного датчика модели PAD,-R но имеет другой терминальный блок с двумя дополнительными терминалами для считывания импульсного выхода. Технические характеристики датчика давления Kobold PAD-R приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики датчика давления Kobold PAD-R

| | |
|----------------------------------|--|
| Измеряемые среды | газ, жидкость, нефтепродукты |
| Рабочая температура | – 40 ... + 120 °С |
| Диапазон измерения | 0.75 – 413.7 бар |
| Основная приведенная погрешность | ±0.075 % калиброванного диапазона (опционально: ±0.04 % калиброванного диапазона) |
| Выходные сигналы | 4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола |

2.6.2.3 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры проведем сравнительный анализ следующих датчиков:

- Метран TCMY-274;
- Метран TCMY-55;
- WIKA TR10-F;

- Метран-241.

Результаты сравнения сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Обзор датчиков температуры

| Критерии выбора | Метран ТСМУ-274 | Метран ТСМУ-55 | WIKA TR10-F | Метран-241 |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Измеряемые среды | Нейтральные и агрессивные среды | Нейтральные и агрессивные среды | Нейтральные и агрессивные среды | Малогабаритные подшипники и поверхности твердых тел |
| Диапазон измеряемых температур | -50 +180 °С | -50 +150 | -200 +600 °С | -40...200 °С |
| Предел допускаемой погрешности | 0,25% | 0,25% | 0,1% | 0,75% |
| Потребляемая мощность | Не более 0,5Вт | 0,5 | - | - |
| Выходной сигнал | 4–20мА+HART | 4–20мА | 4–20мА +HART | 4–20мА |
| Взрывозащищенность | ExdIICT6 | ExdIICT6 | EExiaIICT6 | ExdeIICT6 |
| Срок службы | 5 лет | 5 лет | 5 лет | 5 лет |
| Степень защиты от пыли и воды | IP65 | - | IP67 | IP5х |

Для измерения температуры нефти в корпусе насосного агрегата выберем датчик фирмы WIKA TR10-F. Термометры сопротивления данной серии предназначены для установки в емкостях и трубопроводах. Возможны стандартные фланцы по DIN EN или ASME. Эти датчики температуры предназначены для жидких и газообразных сред в условиях умеренной механической нагрузки. Модель TW40 гильзы имеет полностью сварную конструкцию и ввинчивается прямо в соединительную головку. При использовании в химически агрессивных средах рекомендуется специальное покрытие или твердое износостойкое покрытие в случае использования в абразивных средах.

- Диапазон применения от - 200 до + 600°С
- Составная защитная гильза модель TW40 включена
- Подпружиненная измерительная вставка (сменная)
- Взрывозащищенные исполнения Ex i и NAMUR NE24

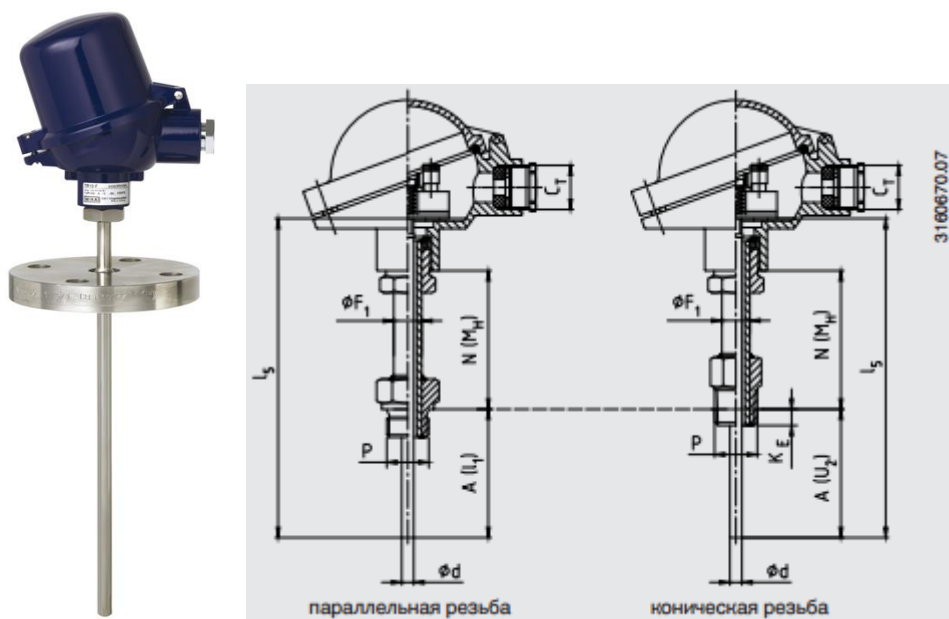


Рисунок 6 – датчик температуры WIKA TR10-F

2.6.2.4 Выбор уровнемера

Для задачи измерения давления проведем сравнительный анализ следующих датчиков:

- KRONHE BM-100 A;
- Метран-УЛМ-11;
- ДУУЗ-01;
- сапфир-22ДУ.

Сравнение уровнемеров приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Обзор уровнемеров

| Критерии выбора | ДУУЗ-01 | Сапфир 22ДУ | Метран-УЛМ-11 | KRONHE BM-100 A |
|--------------------------------|-----------|-------------|----------------------------|-------------------------|
| Измеряемые среды | Жидкость | Жидкость | Жидкость, сыпучие продукты | Жидкость, сжиженный газ |
| Диапазон измеряемых уровней | 0–4000 мм | 600–2500 мм | 600–30000 мм | 0–46000 мм |
| Предел допускаемой погрешности | ±0,25% | ±0,5% | ±0,005% | ±0,01% |
| Выходной сигнал | 4–20мА | 4–20мА | 4–20мА +HART | 4–20мА +HART |
| Взрывозащищенность | ExibIIBT5 | ExdIIBT4 | ExdIIBT6 | ExibIIBT6-T3 |

Продолжение таблицы 7

| | | | | |
|---|------------|------------|---------------|---------------|
| Температура окружающей среды | -45 +75 °С | -50 +50 °С | -50 +50 °С | -40 +85 °С |
| Срок службы | 10 | 10 | 20 лет | - |
| Возможность измерения уровня раздела двух жидкостей | да | да | нет | да |
| Метод измерения | Контактный | Контактный | Бесконтактный | Бесконтактный |

В качестве уровнемера будем использовать датчик Сапфир 22 ДУ, так как он более экономичен, для нашей системы не требуется повышенных требований к погрешности измерения уровня, а также внедрение и обслуживание является более ресурсосберегающим, относительно других датчиков.

Преобразователи Сапфир 22 ДУ предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами, в том числе, со взрывоопасными условиями производства и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – уровня жидкости или уровня границы раздела жидких фаз как нейтральных, так и агрессивных сред — в стандартный токовый выходной сигнал дистанционной передачи. Преобразователи предназначены для контроля сред, не содержащих компонентов, конденсат паров которых замерзает при температуре окружающего воздуха, возможной в процессе эксплуатации.

При изменении измеряемого уровня происходит изменение гидростатической выталкивающей силы, действующей на чувствительный элемент – буюк. Это изменение через рычаг передается на тензопреобразователь, размещенный в измерительном блоке, где линейно преобразуется в изменение электрического сопротивления тензорезисторов. Преобразователь преобразует это изменение сопротивления в токовый выходной сигнал. Гидравлический демпфер, внутренняя полость которого заполнена вязкой жидкостью, сглаживает колебания. Электронный блок позволяет получить: – линейно возрастающие характеристики выходного сигнала; – переключаемые различные токовые

выходные сигналы; – контрольный сигнал "ТЕСТ", на специальных контактах клеммной колодки.

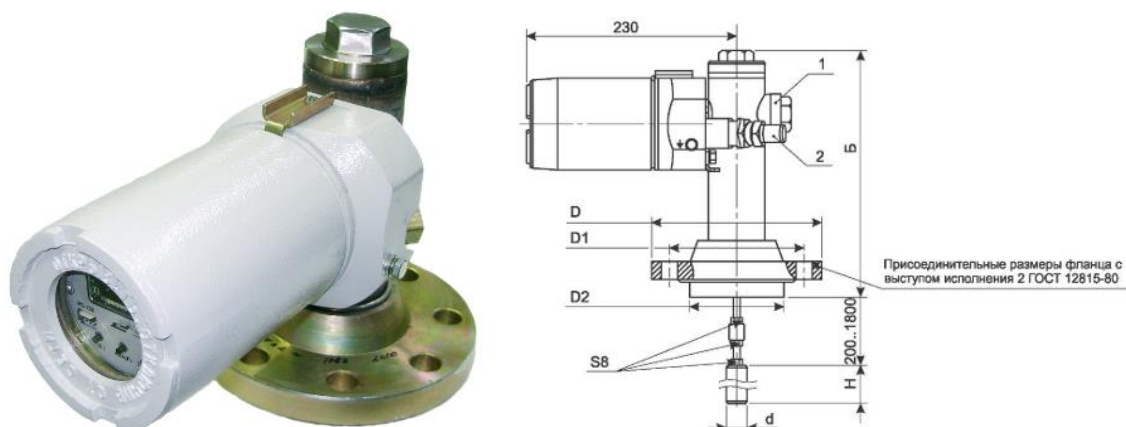


Рисунок 7– Датчик уровня Сапфир ДУ 22

2.6.3 Выбор исполнительных механизмов

2.6.3.1 Выбор регулирующего клапана

Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В качестве исполнительного механизма для регулирования расхода нефти будем использовать клапан с электроприводом (рисунок 8).



Рисунок 8 – клапан с электроприводом

Регулятор расхода и клапан, регулирующий относятся к регулирующей арматуре, предназначенной для управления параметрами рабочей среды на определенном участке технологической системы или трубопровода. Они состоят из двух функционально связанных частей: регулирующего клапана, непосредственно воздействующего на поток проходящей рабочей среды путем изменения её пропускной способности и исполнительного механизма, создающего управляющее воздействие на регулирующий орган.

Для выбора клапана необходимо в первую очередь рассчитать требуемую величину K_v при параметрах, на которых будет работать клапан. Пропускную способность клапана K_v ($\text{м}^3/\text{час}$) для рассчитывают по формуле:

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{1000 \Delta P}}$$

Где Q – объемный расход нефти $\text{м}^3/\text{час}$, ΔP – перепад давления, ρ – плотность нефти.

Исходными данными для расчета пропускной способности являются следующие:

ΔP – потеря давления принята равной $2 \text{ кгс}/\text{см}^2$;

ρ – плотность нефти $838 \text{ кг}/\text{м}^3$;

Q – рабочий расход $700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Итого расчетная пропускная способность клапана должна быть не менее $450 \text{ м}^3/\text{ч}$.

К полученному значению прибавляем 30% и получаем величину K_{vs} – требуемую минимальную пропускную способность клапана:

$$K_{vs} \geq 1,3 \times K_v = 1,3 \times 450 = 585 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для корректной работы системы, скорость потока среды в трубопроводе не должна превышать установленных пределов, для магистрального трубопровода для транспортировки вязкой жидкости- 3 м/с.

Диаметр трубопровода можно рассчитать по следующей формуле:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{w}} = 18,8 \sqrt{\frac{700}{3}} = 237 \text{ мм}$$

В данном случае целесообразно использовать трубопровод условным диаметром 250 мм (Ду250). В соответствии с таблицей зависимости диаметра трубопровода от расхода жидкости получен присоединительный размер клапана к трубопроводу – $D_y = 250$ мм.

В соответствии с вычисленными параметрами выбран конструкционный тип клапана – клеточно-плунжерный регулирующие-отсечной типа КМР.

Клеточно-плунжерные регулирующие клапаны КМР имеют широкий набор конструктивных исполнений дроссельных пар с расширенным рядом условных пропускных способностей клапанов, включая микрорасходы. Клапаны используются как для нейтральных сред, так и для химически активных сред.

Клапаны КМР принципиально отличаются от классических клеточных клапанов, как типом дросселирования (у клеточных – втулочное, а у клеточно-плунжерных – плунжерное), так и устойчивостью к загрязненным средам. Отсутствие дросселирующих отверстий во втулке обеспечивает невозможность их засорения, а направляющая, выведенная из потока, обеспечивает высокую герметичность при хорошей соосности плунжера и седла клапана. Технические характеристики клапана приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики клапана

| Техническая характеристика | Значение |
|--|---|
| Условное давление P_y , МПа | 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0 |
| Условный проход, мм | 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150; 200; 300 |
| Пропускная характеристика | равнопроцентная, линейная; расширенный диапазон регулирования |
| Диапазон температур регулируемой среды | -40/-60... + 225°C, -40/-60... + 450°C, -40/... +500/550/600/650°C, -90/-200... + 225°C |
| Исходные положения плунжера клапана | НО – нормально открытое; НЗ – нормально закрытое |
| Материал корпуса | сталь 20, углеродистые низкотемпературные стали, 12X18H10T, 10X17H13M2T, специальные сплавы; |
| Материал дроссельной пары | 12X18H10T, 10X17H13M2T, специальные сплавы; |
| Класс герметичности для регулирующих клапанов по ГОСТ 23866-87(по DIN) | По ГОСТ выше IV (по DIN – V) |
| Класс герметичности по ГОСТ 9544-93 | B-C (A – по специальному заказу) |

Для регулирующего клапана выбран электропривод AUMA типа SA(R)M ExC 07.1 - SA(R)M ExC 16 .1. (рисунок 9). Приводы приводятся в действие двигателем и управляются узлом управления AUMA MATIC Ex, который входит в комплект поставки. Ограничение по ходу в оба направления осуществляется через конечные путевые выключатели. В конечных положениях возможно также

отключение от выключателей крутящего момента. Вид отключения указывает изготовитель арматуры.

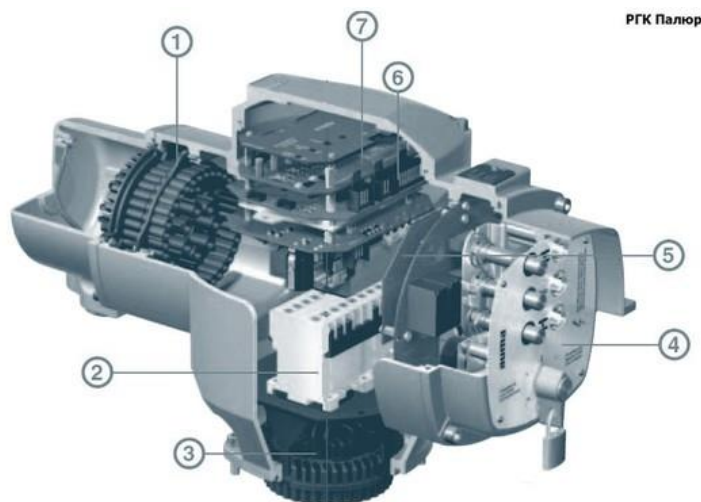


Рисунок 9 – Электропривод AUMA MATIC Ex 16

Особенности приводов AUMA MATIC

Конструкция

- Модульная концепция дистанционного управления;
- Местное управление с запираемым ключом селектором, кнопками управления и индикаторными лампами;
- Программируемая логика управления ("по нажатию" или "самоподдерживающаяся");
- Программируемый тип отключения (по перемещению или по моменту);
- Возможен отдельный монтаж на настенном кронштейне;
- Управление мотором посредством реверсивных пускателей или тириستоров (опция);
- Автоматическая коррекция фаз;
- Внешнее питание ≈ 24 В (опция).

Надежность

- Высокая защита оболочки;
- Высокая степень защиты от коррозии;
- Широкий температурный диапазон применимости;

Интерфейс

- Управляющие входы с различными напряжениями (\approx/\sim);

- Беспотенциальные сигнальные реле для индикации состояния;
- Аналоговое управление (0/4-20 мА);
- Цифровые шины;
- Электрическое штекерное присоединение АУМА (клеммы опционально);

2.6.4 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешней проводки приведена в альбоме схем. Расходомеры преобразуют сигнал в унифицированный 4-20 мА, датчик давления преобразует сигнал с сенсора на базе емкостной ячейки в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА. Датчики системы мониторинга также приводят выходной сигнал в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

Для передачи сигналов от датчиков давления, расходомеров, амперметров и системы мониторинга на щит КИПиА используются по три провода, а для сигнализаторов – два провода. В качестве кабеля выбран КВВГ. Это – кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

При прокладке кабелей систем автоматизации следует соблюдать требования главы 2.3. «Кабельные линии напряжением до 220 кВ» ПУЭ и дополнительные правила разделения цепей:

- цепи сигналов управления и сигнализации напряжением 220 В переменного тока и 24 В постоянного тока должны прокладываться в разных кабелях;
- аналоговые сигналы должны передаваться с помощью экранированных

кабелей отдельно от цепей сигналов управления и сигнализации;

- сигналы последовательной передачи данных (интерфейсные соединения);
- сигналы управления и контроля для взаиморезервируемых механизмов, устройств должны передаваться в разных кабелях;
- цепи отдельных шлейфов пожарной сигнализации должны прокладываться в разных кабелях.

2.6.5 Выбор алгоритмов управления АС БКНС

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска (запуска)/ останова технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA-форме),
- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование давления, и т. п.) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данном проекте разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений,
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

2.6.5.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления воды в трубопроводе. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм

сбора данных с канала измерения давления на выходе представлен в альбоме схем.

Описание алгоритма сбора данных: начало работы, инициализация устройства. Далее идет проверка на обрыв линии, если ток меньше 4 мА, то выдается предупреждение об обрыве линии, если больше, то идет проверка на КЗ, если ток более 20 мА, то выдается предупреждение о КЗ, если же менее 20 мА, то идет инициализация уставок. После этого проверяется каждая уставка, если уставки нарушены, то выводится сообщение о превышении или понижении давления. Если уставки в норме, то идет перевод значений в единицы кПа.

2.6.5.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. ПИД-регулятор используется в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

Объектом управления является участок трубопровода после насосного агрегата. С панели оператора задается давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. Далее это давление приводится к унифицированному токовому сигналу 4-20 мА и подается на ПЛК. В ПЛК также подается значение с датчика давления, происходит сравнение значений, и формируется выходной токовый сигнал. Этот сигнал подается на преобразователь, на выходе которого получаем частоту, пропорционально

которой работает насос. На объект управления воздействует возмущение в виде потока проходящей жидкости. Объект управления представляет с собой апериодическое звено 1 порядка с запаздыванием.

Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и составляет 5 метров. Динамика объекта управления $W(p)$, выраженная как отношение «расход вещества через клапан» (объемный расход жидкости после клапана) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода согласно [3] для схемы управления насосом дросселированием потока на линии нагнетания передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(p)} = \frac{K}{Tp+1} e^{-\tau_0 p},$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad f = \frac{\pi d^2}{4},$$

где $Q_k(p)$ – объемный расход жидкости после клапана;

$Q(p)$ – измеряемый объемный расход жидкости;

ρ – плотность жидкости;

L – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления на трубопроводе;

τ_0 – запаздывание;

T – постоянная времени.

Характеристики объекта управления приведены в таблице №11.

Таблица 9 – характеристики объекта управления

| | Наименование | Ед. изм. | Количество |
|---|---|--------------------|----------------|
| 1 | Плотность нефти | кг/м ³ | 838 |
| 2 | Вязкость нефти при 20°С | мм ² /с | 5,86 |
| 3 | Выход фракций, не менее, до температуры: 200 °С 300 °С 350 °С | % об. | 27 47 57 |
| 4 | Массовая доля парафина, не более | % масс. | 6,0 |
| 5 | Массовая доля воды, не более | % масс. | 0,5 |
| 6 | Класс опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76* | | 3 |
| 7 | Предельно допустимая концентрация аэрозоля нефти в воздухе рабочей зоны (при перекачке и отборе проб) | мг/м ³ | 10 |

Рассчитаем передаточную функцию объекта управления:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2,$$

$$c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}} = \frac{480}{0,0314} \sqrt{\frac{838}{2 \cdot 0,098 \cdot 0,5 \cdot 10^6}} = 0,3827 \text{ с},$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 0,0314 \cdot 0,3827^2}{\frac{480}{3600}} = 0,354 \text{ с},$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{5 \cdot 0,0314}{\frac{480}{3600}} = 1,2 \text{ с},$$

$$W(p) = \frac{200}{Tp+1} e^{-\tau_0 p} = \frac{200}{0,354p+1} e^{-1,2p}.$$

Линеаризованные уравнения, описывающие работу систем:

Частотный преобразователь:

$$T_1 \frac{df}{dt} + f = k_1 \cdot I.$$

Насос:

$$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 \cdot f.$$

Редуктор:

$$Q = k\omega.$$

Трубопровод:

$$T_3 \frac{dP}{dt} + P = k_3 \cdot Q.$$

Здесь:

Q– Количество жидкости;

P – давление в трубопроводе;

Таблица 10 – Исходные данные для моделирования

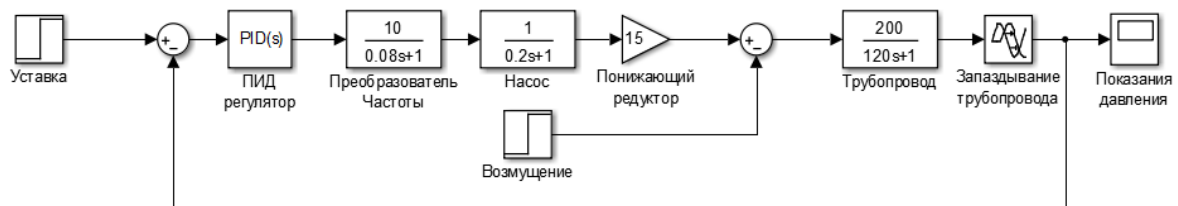


Рисунок 10 – Структурная схема САР

| | | |
|-------------------------|---|--------------------------|
| Proportional (P): | <input type="text" value="2.69808070979025e-05"/> | <input type="checkbox"/> |
| Integral (I): | <input type="text" value="2.66216349969773e-07"/> | |
| Derivative (D): | <input type="text" value="0"/> | |
| Filter coefficient (N): | <input type="text" value="100"/> | |

Рисунок 11 – Коэффициенты ПИД-регулятора

Коэффициенты регулятора. Как видно, для нашей системы, достаточно только ПИ регулятора.

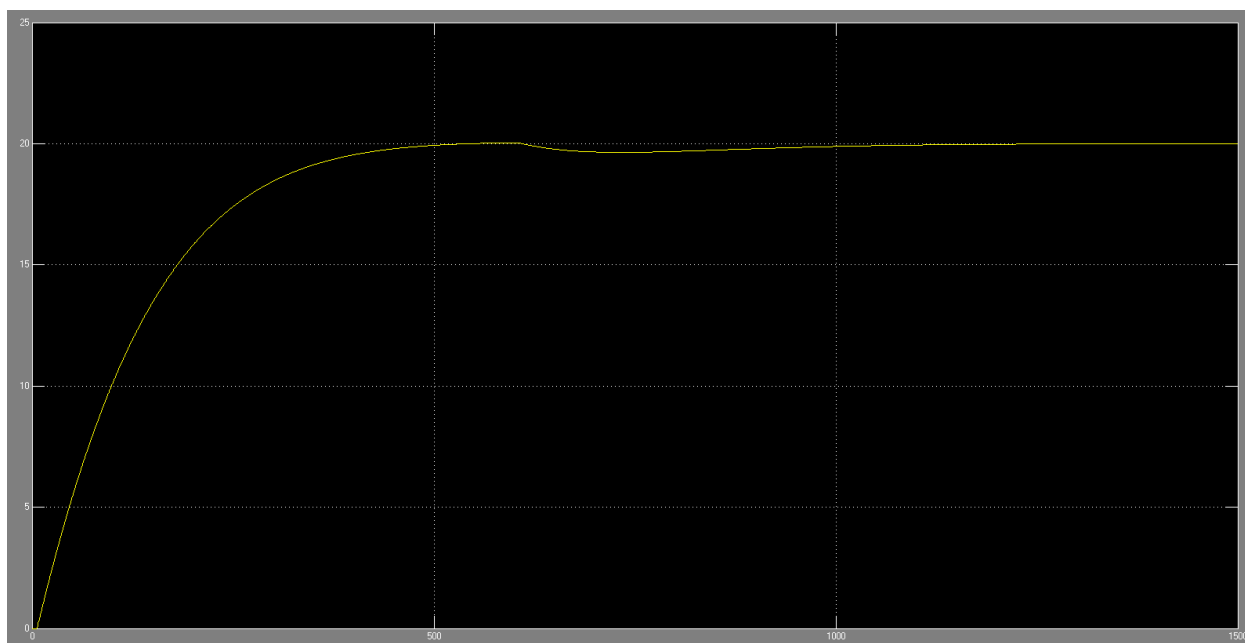


Рисунок 12 – График переходного процесса

Как видно из графика переходной функции, система имеет плавный и монотонный процесс, система устойчива по управляющему воздействию. Установившееся значение равно 20 МПа. Статическая ошибка полностью исключена, при этом видно, что при введении в процесс возмущающего воздействия, система с ним справляется.

2.6.6 Экранные формы АС БКНС

Управление в АС БКНС реализовано с использованием SCADA-системы Trace Mode 6.09. Эта SCADA-система предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей жестким требованиям в смысле надежности, стоимости и безопасности. SCADA-система Trace Mode 6.09 обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Другими словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

2.6.6.1 Разработка дерева экранных форм

Управление работой программы осуществляется при помощи манипулятора «мышь» и клавиатуры.

Экран разбит на три области – основное поле, кнопки переключения экранов и окно аварий. В основном поле расположены мнемосхемы узла учета, тренды, кнопки управления программой, параметры технологического процесса.

Переход из одной экранной формы в другую осуществляется путем перевода указателя мыши на закладку нужной экранной формы и нажатием левой кнопки мыши.

| | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|
| <i>Техн. схема</i> | <i>Тренды</i> | <i>Паспорт качества</i> | <i>Архивные отчеты</i> | <i>Настройки</i> | <i>Месячные отчеты</i> | <i>Цвет фона</i> |
| <i>Журнал рег. СИ</i> | <i>Журнал событий</i> | <i>Акт приема-сдачи</i> | <i>Текущие отчеты</i> | <i>Вент/ДЕ</i> | <i>Резерв</i> | |

Рисунок 13 – Панель оператора

АРМ оператора поддерживает работу различных групп пользователей с разными правами доступа к тем или иным элементам автоматизированного рабочего места. Для входа в приложение под соответствующим вам именем и паролем необходимо нажать кнопку **Пользователь** в левом верхнем углу приложения.

На экране появится окно ввода, показанное ниже.

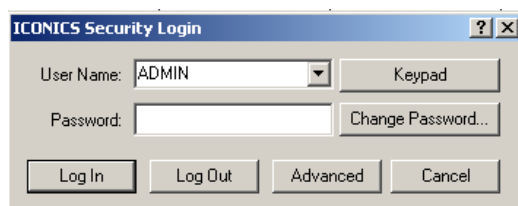


Рисунок 14 – Вход в систему SCADA

В выпадающем списке этого окна выберите имя пользователя, а в поле Password введите свой пароль. При вводе пароля проследите за текущей раскладкой клавиатуры и регистром вводимых символов.

После ввода логина и пароля, если же они оказываются верными, появляется мнемосхема основных объектов БКНС. Открытие мнемосхем объектов БКНС происходит нажатием на прямоугольную область мнемосхемы основных объектов в соответствии с названием объекта, за которым необходимо

вести контроль. Мнемосхемы некоторых объектов включают в себя дополнительные мнемосхемы, которые позволяют вести более тщательный контроль состояний объектов и управлением этими объектами. Открытие дополнительных мнемосхем осуществляется нажатием на прямоугольной области с соответствующим названием функции или на фигуре устройства мнемосхемы объекта БКНС.

2.6.6.2 Разработка экранных форм АС БКНС

Экран «Технологическая схема».

Переход на экран «Схема» осуществляется нажатием левой клавишей мыши на кнопку «Схема». Эта экранная форма предназначена для контроля текущих технологических параметров БКНС. На схеме постоянно осуществляется отображение текущих параметров узла учета:

- давление нефти в трубопроводе;
- температура обмоток двигателя;
- напряжение и ток, подаваемые на двигатель;
- давление в насосе и выходной трубе;
- расход нефти в трубопроводе.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| З-8ТЗ1 | Карпов Андрей Николаевич |

| Инженерная школа | ИШИТР | Отделение | Автоматизации и робототехники |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | Автоматизация технологических процессов и производств |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Определение назначения объекта и определение целевого рынка, технология QuaD |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | Планирование этапов работ, составление графика работ, бюджет проведения работ |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | Оценка сравнительной эффективности проекта |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Технология QuaD
2. График проведения и бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ШИП | Шаповалова Наталья Владимировна | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| З-8ТЗ1 | Карпов Андрей Николаевич | | |

Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия, имеющие БКНС для транспортировки нефти и газа. Научное исследование рассчитано на крупные предприятия, имеющие БКНС. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система контроля и управления добычей и транспортировкой нефти, а также автоматическая система регулирования определенными параметрами технологического процесса.

В ВКР рассматривается автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции. В данном разделе дается характеристика и сравнительная оценка разрабатываемой системы управления. Также произведена оценка ресурсоэффективности данной разработки.

3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 11).

Таблица 11 – Оценочная карта QuaD

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение | Средневзвешенное значение |
|--|--------------|-------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| Повышение производительности | 0,12 | 80 | 100 | 0,8 | 9,6 |
| Удобство в эксплуатации | 0,1 | 75 | 100 | 0,75 | 7,5 |
| Помехоустойчивость | 0,05 | 40 | 100 | 0,4 | 2 |

| | | | | | |
|--|------|----|-----|------|-------|
| Энергоэкономичность | 0,09 | 30 | 100 | 0,3 | 2,7 |
| Надежность | 0,15 | 95 | 100 | 0,95 | 14,25 |
| Уровень шума | 0,05 | 40 | 100 | 0,4 | 2 |
| Безопасность | 0,11 | 95 | 100 | 0,95 | 10,45 |
| Потребность в ресурсах памяти | 0,03 | 50 | 100 | 0,5 | 1,5 |
| Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0,1 | 30 | 100 | 0,3 | 3 |
| Простота эксплуатации | 0,05 | 75 | 100 | 0,75 | 3,75 |
| Качество интеллектуального интерфейса | 0,05 | 80 | 100 | 0,8 | 4 |
| Ремонтопригодность | 0,1 | 85 | 100 | 0,85 | 8,5 |
| Итого: | 1 | | | | 69,25 |

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 69,25, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб. | Содержание работы | Должность исп-ля | Загрузка |
|--|--------|---|------------------|-----------------|
| Разработка задания на НИР | 1 | Составление и утверждение задания НИР | Р | Р-100% |
| Проведение НИР | | | | |
| Выбор направления исследования | 2 | Изучение исходных данных и материалов по тематике | Р, СД | Р-50%, СД-100% |
| | 3 | Разработка и утверждение техзадания (ТЗ) | Р, СД | Р-100%, СД-100% |
| | 4 | Календарное планирование работ | Р, СД | Р-50%, СД-100% |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 5 | Разработка структурных схем | СД | СД-100% |
| | 6 | Разработка функциональных схем | СД | СД-100% |
| | 7 | Выбор технических средств автоматизации | Р, СД | Р-50% СД-100% |
| | 8 | Выбор алгоритмов управления | Р, СД | Р-50% СД-100% |

| | | | | |
|--------------------------|----|-----------------------------------|----|---------|
| | 9 | Разработка экранной формы | СД | СД-100% |
| Оформление отчета по НИР | 10 | Составление пояснительной записки | СД | СД-100% |

3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$);

$T_{\text{ВЫХ}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВЫХ}} = 104$);

$T_{\text{ПР}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПР}} = 14$).

В таблице 5 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 13 – Временные показатели проведения работ

| № раб. | Исполнители | Продолжительность работ | | | | | | |
|--------|-------------|-------------------------|---------------|--------------|------------|------|-------------|----|
| | | Тmin, чел-дн. | Тmax, чел-дн. | Тож, чел-дн. | Тр, раб.дн | | Ткд, кал.дн | |
| | | | | | Р | СД | Р | СД |
| 1 | Р | 1 | 2 | 1,4 | 1,4 | - | 2 | - |
| 2 | Р, СД | 1 | 2 | 1,4 | 0,7 | 1,4 | 1 | 2 |
| 3 | Р, СД | 2 | 3 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 3 | 3 |
| 4 | Р, СД | 1 | 2 | 1,4 | 0,7 | 1,4 | 1 | 2 |
| 5 | СД | 2 | 3 | 2,4 | - | 2,4 | - | 3 |
| 6 | СД | 5 | 10 | 7 | - | 7 | - | 10 |
| 7 | Р, СД | 2 | 3 | 2,4 | 1,2 | 2,4 | 2 | 3 |
| 8 | Р, СД | 3 | 6 | 4,2 | 2,1 | 4,2 | 3 | 6 |
| 9 | СД | 3 | 6 | 4,2 | - | 4,2 | - | 6 |
| 10 | СД | 1 | 2 | 1,4 | - | 1,4 | - | 2 |
| Итого | | | | | 8,5 | 26,8 | 12 | 37 |

На руководителя приходится 12 дней, на студента-дипломника 37 дней.

На основе таблицы 13 построим календарный план-график. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

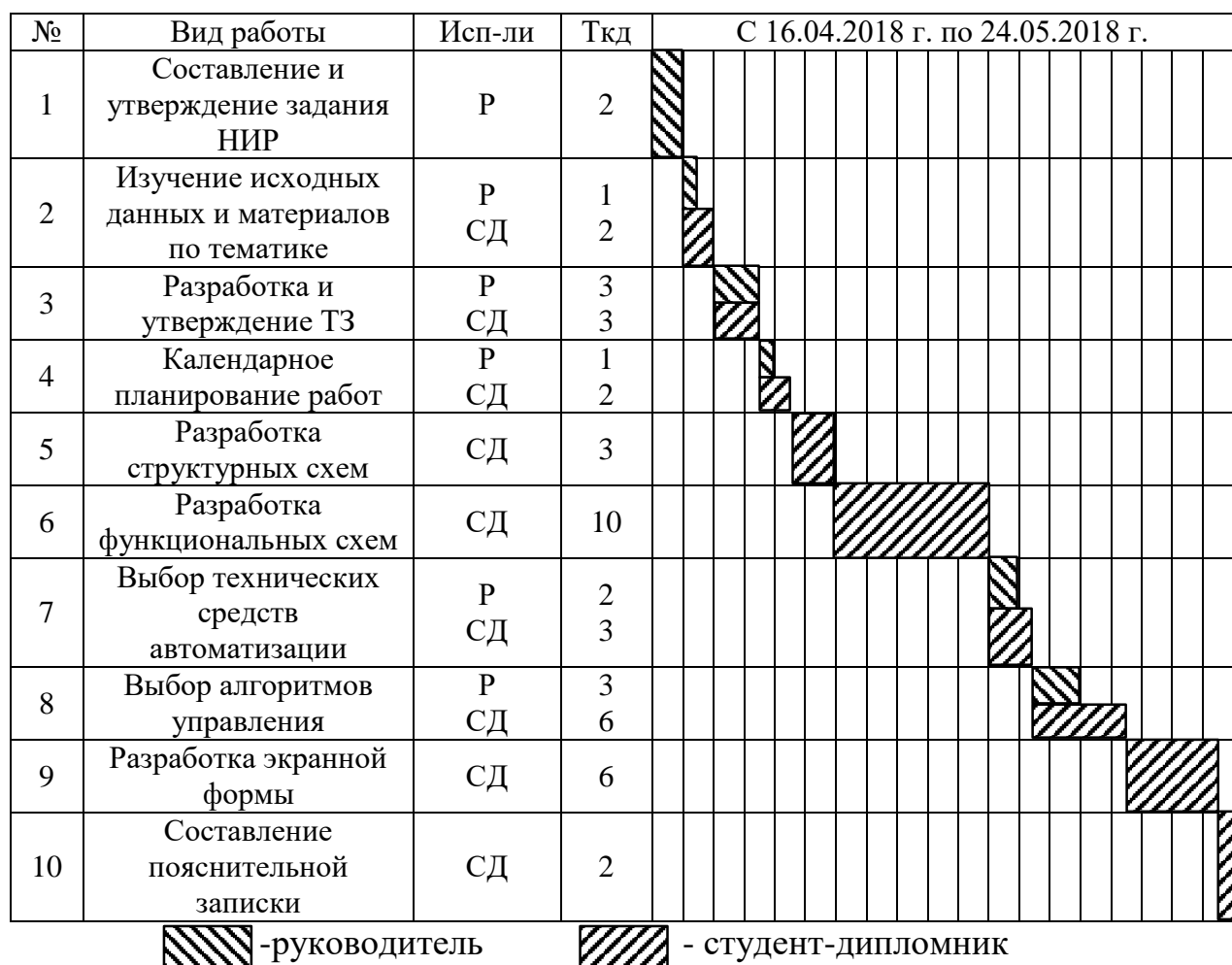


Рисунок 15 – Календарный план график проведения НИОКР

3.3 Бюджет научно-технического исследования

3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 14 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 14 – Материальные затраты

| Наименование | Единица измерения | Количество | Цена за ед., руб | Затраты на материалы, руб |
|--|-------------------|------------|------------------|---------------------------|
| Контроллер Mitsubishi Electric, MELSEC L | шт. | 1 | 27937,59 | 34921,9875 |
| Расходомер Kobold DMH-R | шт. | 2 | 29000 | 66700 |
| Датчики давления Kobold PAD-R | шт. | 4 | 16000 | 73600 |
| Датчик температуры "WIKA TR100-F" | шт. | 3 | 2280 | 7866 |
| Уровнемер Сапфир ДУ22 | шт. | 3 | 17000 | 58650 |
| Частотный преобразователь Danfoss VLT AQUA 0,5 кВт | шт. | 2 | 71000 | 163300 |
| Клапан, регулирующий КМР d250 | шт. | 3 | 68000 | 244800 |
| Прямоходный привод AUMA MATIC Ex 16 | шт. | 3 | 180360 | 676350 |
| Итого: | | | | 1326187,988 |

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования Mitsubishi. В таблице 15 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

| Наименование | Количество единиц | Цена единицы оборудования, руб | Общая стоимость, руб |
|--------------|-------------------|--------------------------------|----------------------|
| Trace Mode | 1 | 78800 | 78800 |
| итого: | | | 78800 |

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая

ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сводится в таблицу.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}$$

Где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы принят согласно средней заработной плате на предприятии, занимающемся данным видом деятельности.

Руководитель – 30000 руб.

Инженер – 20000 руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 16.

Таблица 16 – основная заработная плата

| Исполнители | Тарифная заработная плата, руб | Районный коэффициент, % | Месячный должностной оклад работника, руб | Среднедневная заработная плата, руб | Продолжительность работ, руб. | Заработная плата основная, руб |
|--------------|--------------------------------|-------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Руководитель | 30000 | 30 | 39000 | 1768,42 | 8,5 | 15031,58 |
| Инженер | 20000 | 30 | 26000 | 1178,95 | 26,8 | 31595,79 |
| Итого: | | | | | | 46627,37 |

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды составляет 30%.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб |
|---|--------------------------------|
| Руководитель проекта | 15031,58 |
| Инженер | 31595,79 |
| Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, % | 30,00 |
| Итого: | 13988,21 |

3.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (1326187,98 + 78800 + 46627,37 + 13988,21) \cdot 0,15 = 219840,54 \text{ руб}$$

Где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи | Сумма, руб. |
|---|-------------------|
| 1. Материальные затраты | 1326187,988 |
| 2. Затраты на специальное оборудование | 78800 |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 46627,37 |
| 4. Отчисления во внебюджетные фонды | 13988,21 |
| 5. Накладные расходы | 219840,54 |
| 6. Бюджет затрат НТИ | 1685444,10 |

3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{1685444,1}{2900000} = 0,58;$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией АО «ТомскНИПИнефть». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования Siemens и Метран;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО «Энергогазпроект». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Schneider Electric.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов в таблице 19.

Таблица 19 – Смета бюджетов для рассмотренных аналогов

| | Проектируемая АСУ ТП | Аналог 1 | Аналог 2 |
|---------------|----------------------|----------|----------|
| Бюджет затрат | 1685444,1 | 2900000 | 2800000 |

Для аналогов соответственно:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{2900000}{2900000} = 1; I_{фина1}^{a2} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{2800000}{2900000} = 0,965;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| ПО Критерии | Весовой коэффициент параметра | Текущий проект | Аналог 1 | Аналог 2 |
|---|-------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| 1.Повышение роста производительности труда пользователя | 0,25 | 5 | 5 | 4 |
| 2. Удобство в эксплуатации | 0,15 | 4 | 5 | 5 |
| 3. Надёжность | 0,25 | 4 | 4 | 4 |
| 4. Экономичность | 0,25 | 5 | 4 | 4 |
| 5. Помехоустойчивость | 0,1 | 5 | 4 | 4 |
| ИТОГО | 1 | 4,6 | 4,4 | 4,15 |

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 4,6;$$

$$\text{Аналог 1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,4;$$

$$\text{Аналог 2} = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,15.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финаi}}^{ai}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p}; I_{\text{финаi}}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{\text{финаi}}^{ai}};$$

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{4,6}{0,58} = 7,93; I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{4,4}{1} = 4,4; I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{4,15}{0,965} = 4,3.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финаi}}^{ai}}$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Сравнительная эффективность разработки

| № | Показатели | Разработка | Аналог 1 | Аналог 2 |
|---|---|------------|-------------|-------------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель разработки | 0,58 | 1 | 0,965 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,6 | 4,4 | 4,15 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 7,93 | 4,4 | 4,3 |
| 4 | Сравнительная эффективность вариантов исполнения | — | 1,83 | 1,87 |

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-----|
| | |

| Школа | ИШИТР | Отделение | АиР |
|---------------------|-------------|---------------------------|------|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | АТПП |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| <i>Анализ оборудования автоматизированной системы</i> | 1. Описание надежности и безопасности задвижек 2. Описание датчиков и повышение надежности системы |
| <i>Связь контроллера и оператора</i> | 1. Защита данных от ошибок |
| <i>Интерфейсы оператора</i> | 1. Удобство и защита использования мнемосхемы |

Перечень графического материала:

| | |
|---|--------------------------------------|
| <i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i> | <i>Мнемосхема объекта управления</i> |
|---|--------------------------------------|

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент кафедры ЭБЖ | Невский Егор Сергеевич | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----|---------|------|
| | | | |

4. Социальная ответственность

Введение

Данный раздел выпускной квалификационной работы рассматривает вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места оператора комплексом мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

Объектом исследования будет выступать цех где расположена блочно-кустовая насосная станция.

В ВКР рассматривается блочная кустовая насосная станция (БКНС), предназначенная для закачки воды в продуктивные пласты в системе поддержания пластового давления нефтяных месторождений. Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

4.1. Датчики

Расходомер

Расходомер подбирался по показателям из таблицы 22.

Таблица 22 – Сравнительный анализ расходомеров

| Параметр | Метран 360 | Kobold DMH-R | Yokogawa Rota Mass 3 |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Погрешность измерения | ±0,5 | ±0,5 | ±0,1 |
| Выходной сигнал | 4-20 мА + HART | 4-20 мА + HART | 4-20 мА + HART |
| Межповерочный интервал | 4 года | 4 года | 4 года |
| Средний срок службы | 18 лет | 12 лет | 12 лет |
| Степень защиты | IP68 | IP68 | IP68 |
| Среднее время наработки на отказ | 100 000 ч | 100 000 ч | 80 000 ч |
| Цена | 287 000 | 184 700 | 327 452 |

В итоге выбран расходомер Kobold DMH-R, так как затраты на внедрение и обслуживание намного ниже чем у других вариантов, при этом он удовлетворяет нас по степени защиты, диапазону температур, классу точности, выходному сигналу 4-20 мА, подходит для агрессивных сред.

Выбран датчик расхода Kobold, так как удовлетворяет ТЗ по погрешности, протоколам и доступности цены. При этом средняя наработка на отказ 100 000 часов.

Для повышения надежности системы резервируется датчик.

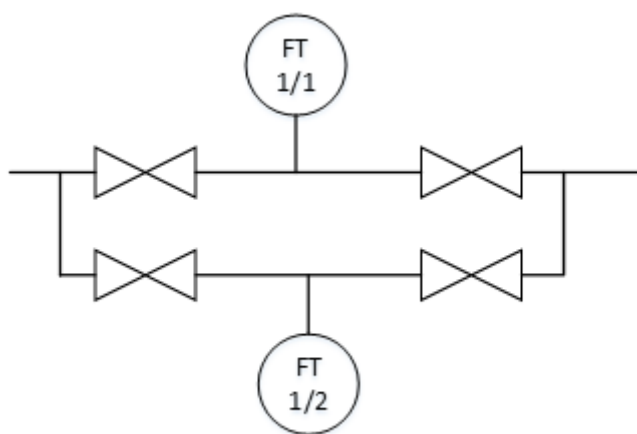


Рисунок 16 – Резервирование датчика расхода

Датчик давления

Выбор происходил из таблицы 23

Таблица 23 – Сравнительный анализ датчиков давления

| Критерии выбора | Сапфир-22М | Метран -44 Ех-ДД | – PAD RKobold |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Измеряемая среда | Газ, жидкость, пар | Газ, жидкость, пар | Газ, жидкость, пар |
| Диапазоны пределов измерений | | 0–6МПа | 0–13,8МПа |
| Предел допускаемой погрешности | 0,25% | 0,25% | 0,075% |
| Выходной сигнал | 4–20мА | 4–20мА на базе HART | 4–20мА на базе HART |
| Температура окружающей среды | -50 +80 °С | -40 +70 °С | -40 +120 °С |
| Наличие ЖКИ | нет | да | да |
| Срок службы | 12 лет | 12 лет | 12 лет |
| Степень защиты от пыли и воды | - | IP65 | IP65 |

В результате анализа был выбран датчик давления Kobold PAD-R от фирмы Kobold, потому что он имеет аналоговый выход 4-20 мА с протоколом HART в отличие от САПФИР-22М, подходит для работы с агрессивными нефтяными средами в нужном диапазоне температур.

Также резервируется для повышения надежности.

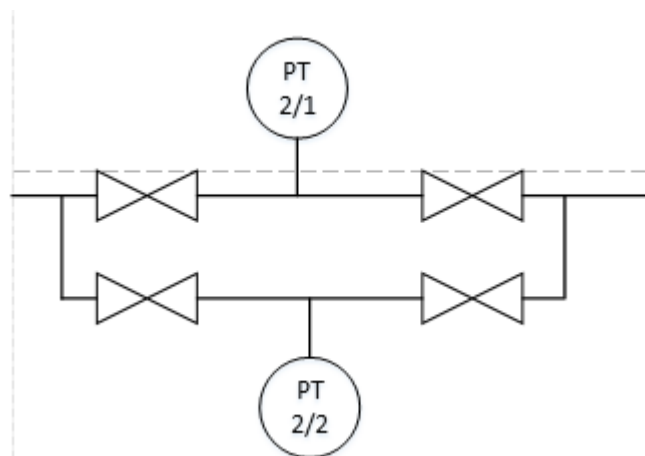


Рисунок 17 – резервирование датчика давления

Датчик температуры

Таблица 24 – Сравнительный анализ датчиков температуры

| Критерии выбора | Метран ТСМУ-274 | Метран ТСМУ-55 | WIKA TR10-F | Метран-241 |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Измеряемые среды | Нейтральные и агрессивные среды | Нейтральные и агрессивные среды | Нейтральные и агрессивные среды | Малогабаритные подшипники и поверхности твердых тел |
| Диапазон измеряемых температур | -50 +180 °С | -50 +150 | -200 +600 °С | -40...200 °С |
| Предел допускаемой погрешности | 0,25% | 0,25% | 0,1% | 0,75% |
| Потребляемая мощность | Не более 0,5Вт | 0,5 | - | - |
| Выходной сигнал | 4–20мА+HART | 4–20мА | 4–20мА +HART | 4–20мА |
| Взрывозащищенность | ExdIICT6 | ExdIICT6 | EExiaIICT6 | ExdeIICT6 |
| Срок службы | 5 лет | 5 лет | 5 лет | 5 лет |
| Степень защиты от пыли и воды | IP65 | - | IP67 | IP5х |

Для измерения температуры нефти в корпусе насосного агрегата выберем датчик фирмы WIKA TR10-F. Термометры сопротивления данной серии предназначены для установки в емкостях и трубопроводах. Возможны стандартные фланцы по DIN EN или ASME. Эти датчики температуры предназначены для жидких и газообразных сред в условиях умеренной механической нагрузки. Модель TW40 гильзы имеет полностью сварную

конструкцию и ввинчивается прямо в соединительную головку. При использовании в химически агрессивных средах рекомендуется специальное покрытие или твердое износостойкое покрытие в случае использования в абразивных средах.

- Диапазон применения от -200 до $+600^{\circ}\text{C}$
- Составная защитная гильза модель TW40 включена
- Подпружиненная измерительная вставка (сменная)
- Взрывозащищенные исполнения Ex i и NAMUR NE24

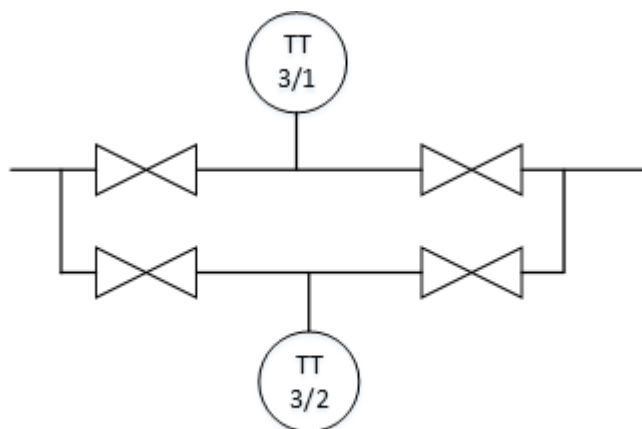


Рисунок 18 – Резервирование датчика температуры

4.2. Обеспечение информационной безопасности

Информационная безопасность системы обеспечивается следующими средствами:

- разделением внутренней технологической сети и внешних информационных сетей;
- подключение дополнительных рабочих станций осуществляется через коммуникационное и серверное устройства с ограничением права доступа;
- передача информации с/на верхний уровень управления осуществляется через специализированный сервер;
- наличием контрольной информации в пакетах, передаваемых по сети Ethernet, затрудняющих случайное/намеренное искажение передаваемой информации;
- присвоением уникальных адресов сети Ethernet управляющим

контроллерам;

– парольной системой доступа к возможностям изменения управляющего программного обеспечения;

– парольной системой доступа к настройкам системы управления с рабочей станции.

4.3. Связь контроллера и оператора

Связь контроллера с компьютером идет по протоколу Modbus RTU с интерфейсом RS-485. Для защиты информации используется опрос проверки контрольной суммы.

Контрольная сумма (хеш) — определенное значение рассчитанное для данных с помощью известных алгоритмов. Предназначается для проверки целостности данных при передаче.

В ВКР используется циклический избыточный код CR8. Применяется для проверки целостности передачи данных. Программы-архиваторы включают CRC исходных данных в созданный архив для того, чтобы получающий мог удостовериться в корректности полученных данных. Такая контрольная сумма проста в реализации и обеспечивает низкую вероятность возникновения коллизий.

4.4. Интерфейсы

Экранная форма предназначена для контроля текущих технологических параметров БКНС.

На схеме постоянно осуществляется отображение текущих параметров узла учета:

- давление нефти в трубопроводе;
- температура обмоток двигателя;
- напряжение и ток, подаваемые на двигатель;
- давление в насосе и выходной трубе;
- расход нефти в трубопроводе.

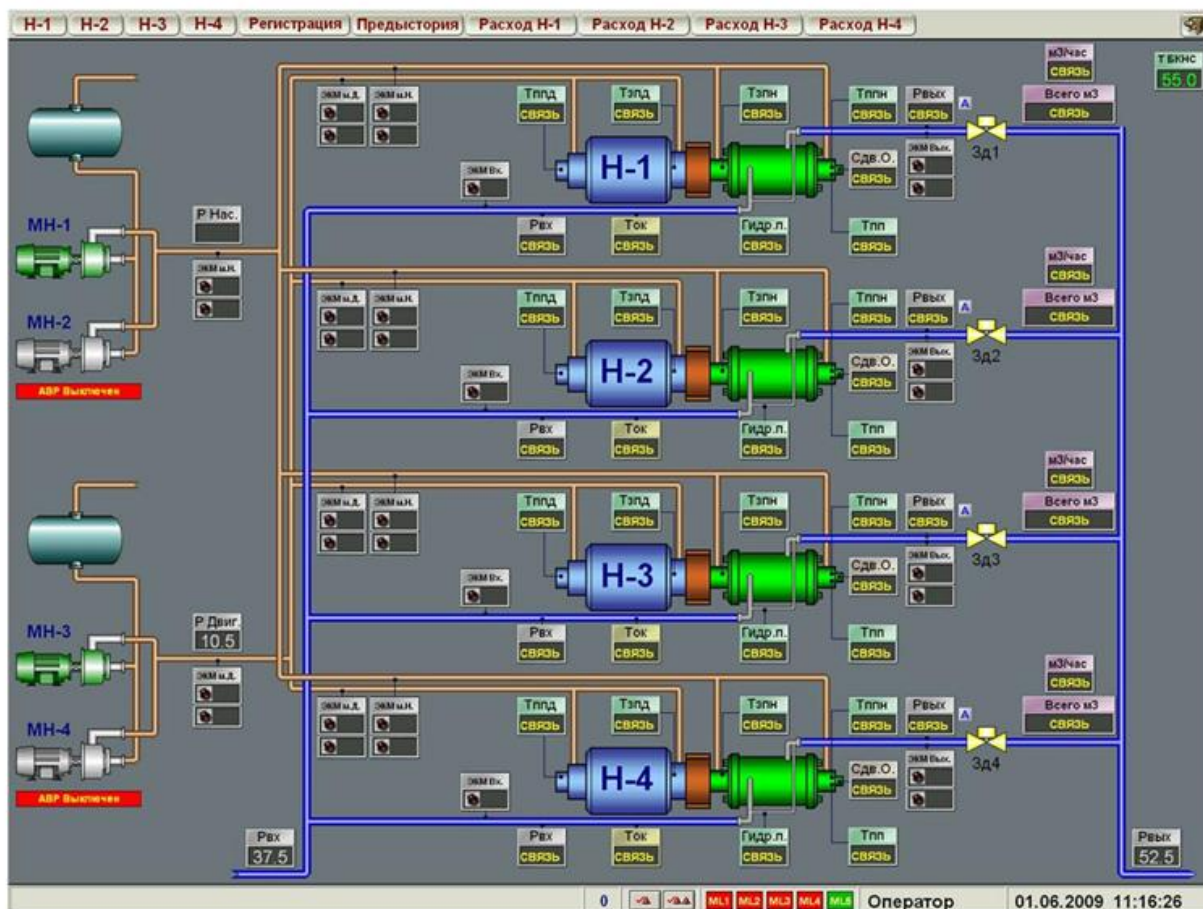


Рисунок 19 – Мнемосхема

Оператор может следить за всеми параметрами, но не может их менять. Исключено ошибка оператора на влияние и сбой системы. Но есть возможность экстренного останова, в случае если система выдаст сигналы об аварии.

Заключение

В результате выполненной работы была разработана система автоматизированного управления БКНС. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был изучен технологический процесс перекачки нефти на БКНС. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации БКНС, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Системы автоматизации БКНС, диспетчерского контроля и управления были спроектированы на базе полевых устройств фирмы Kobold, Wika, Сапфир, промышленных контроллеров Mitsubishi Electric³ и программного SCADA-пакета Trace Mode 6.09. В данном проекте была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы пуска/останова технологического оборудования и управления сбором данных. Для поддержания расхода нефти в трубопроводе был разработан алгоритм автоматического регулирования давления (разработан ПИД-регулятор). В заключительной части ВКР были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы БКНС и объектов БКНС.

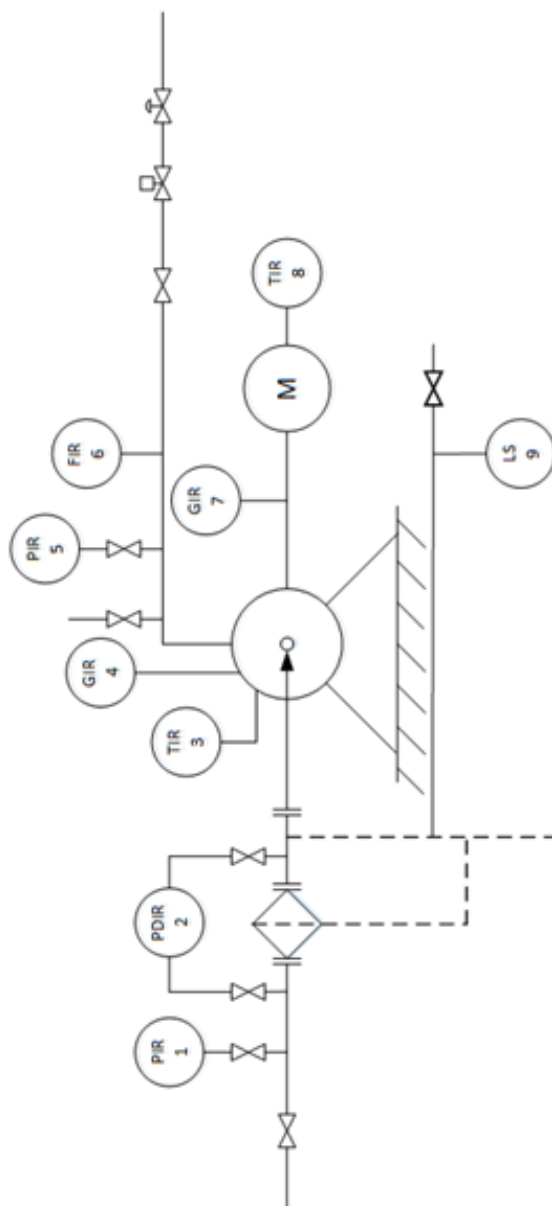
Таким образом, спроектированная САУ БКНС не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями. Кроме того, SCADA-пакет, который используется на всех уровнях автоматизации БКНС, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

Список используемых источников

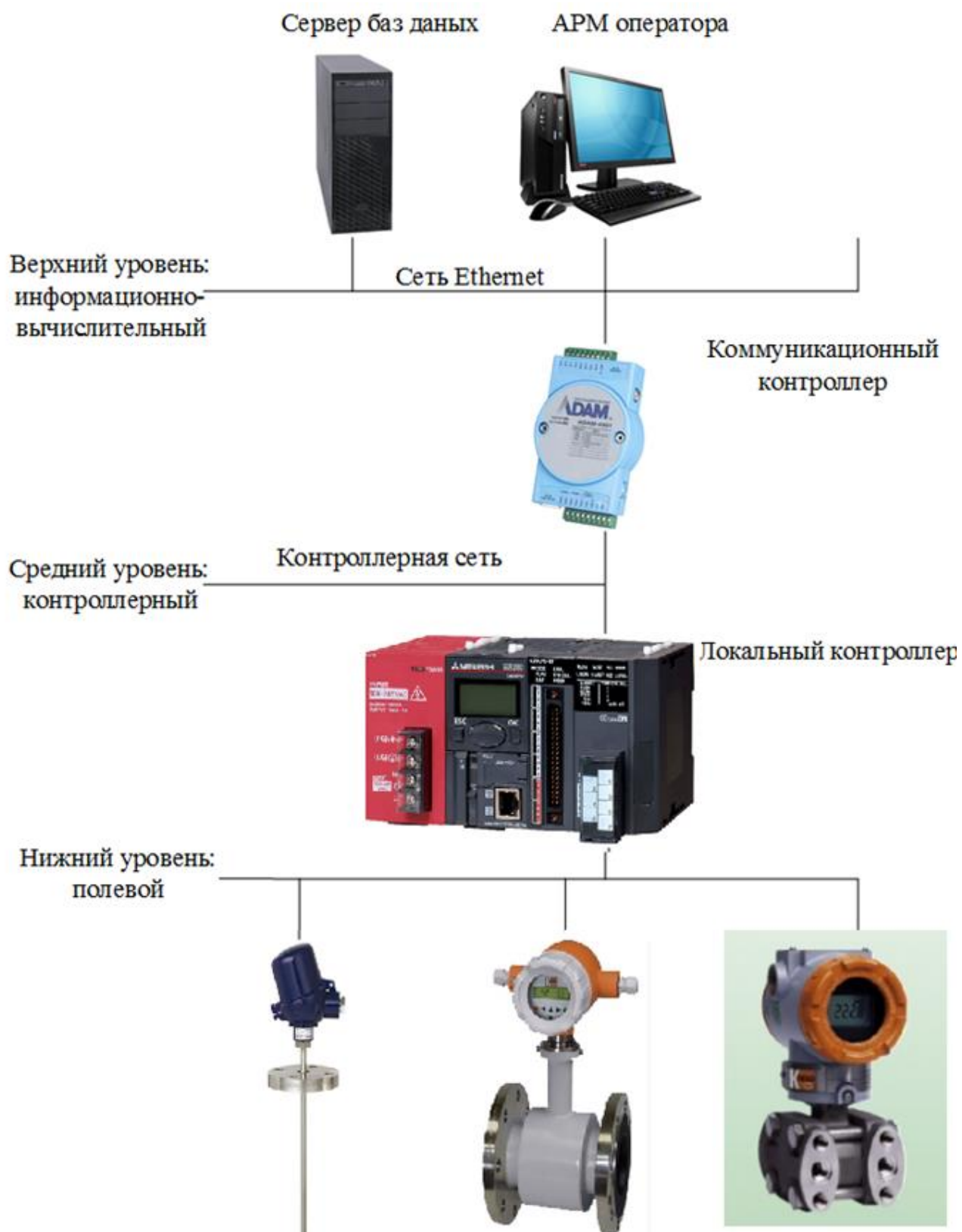
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. — 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.— 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». — 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. — 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. — К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. — 311с.
- 4 ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 5 ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 6 СанПиН 2.2.4.548 — 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 7 СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

- 8 СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- 9 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
- 10 Белов С.В., А.В. Ильницкая и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов, 1999. – 354 с.
- 11 ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 12 СП 6.13130.2009 – «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности»;
- 13 ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

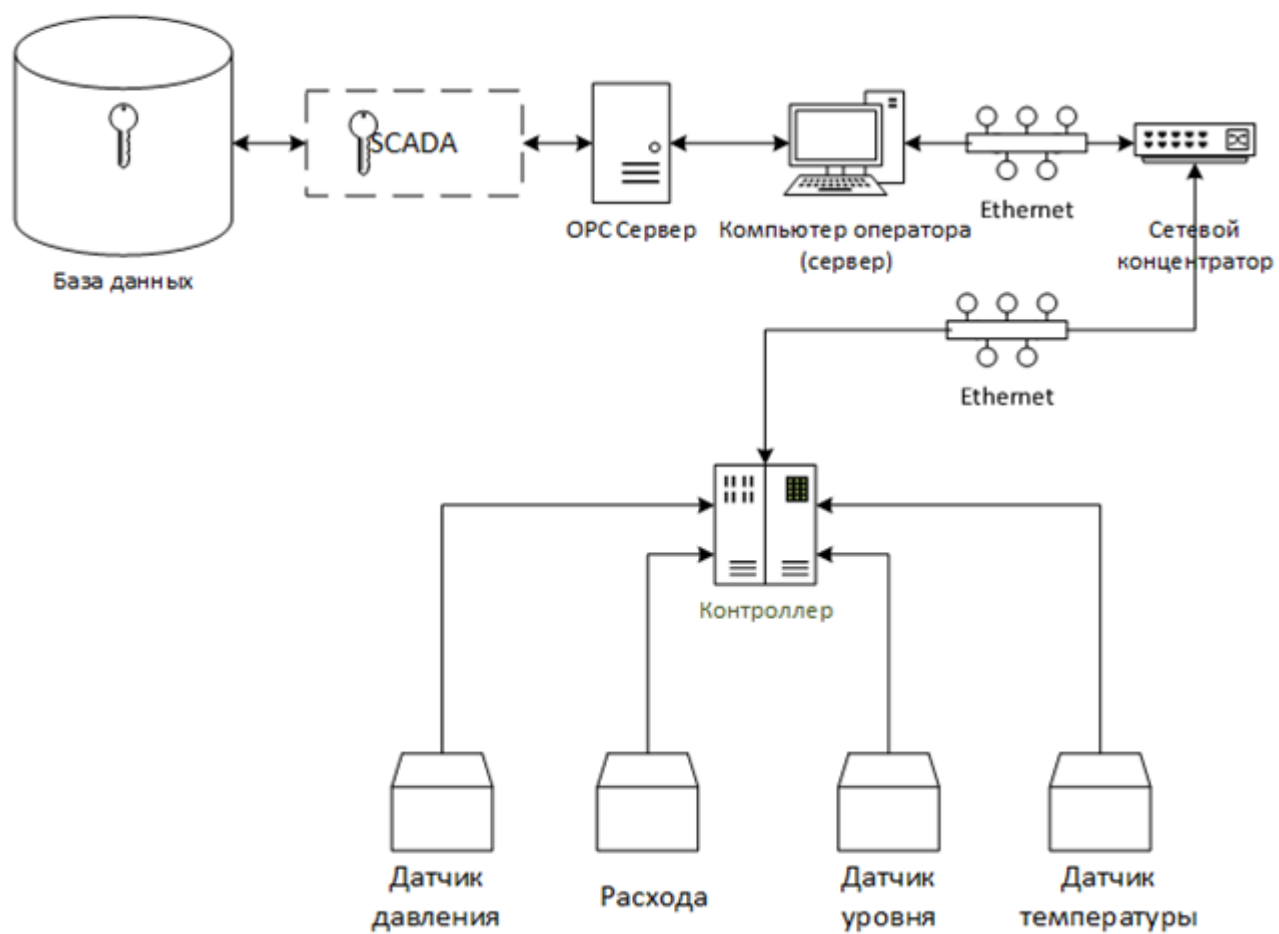
Приложение А



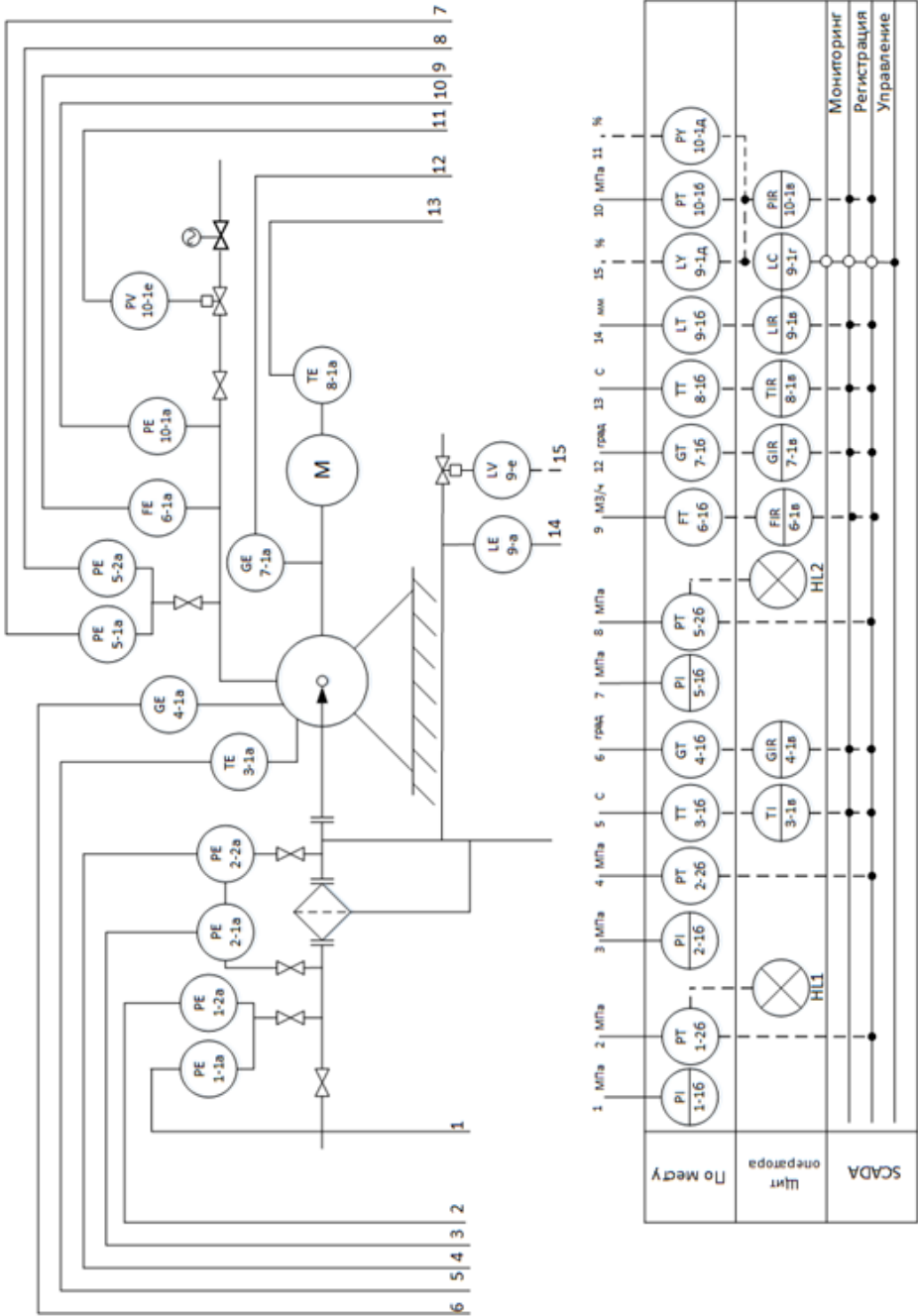
Приложение Б



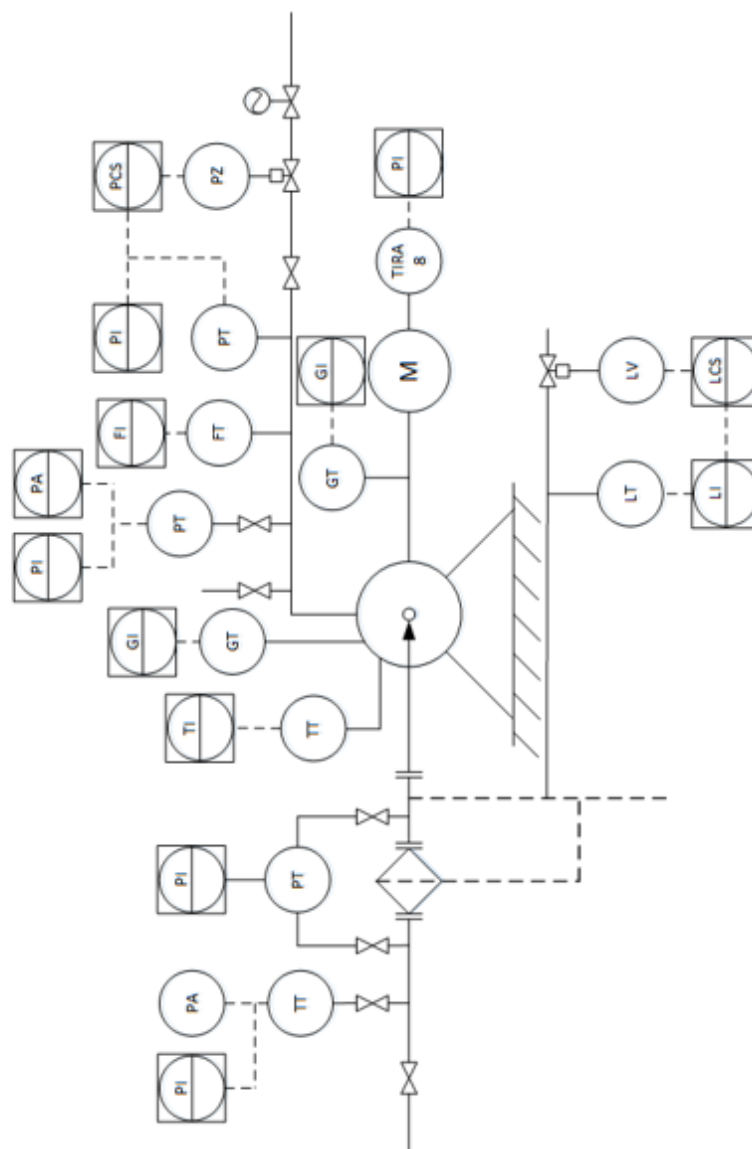
Приложение В



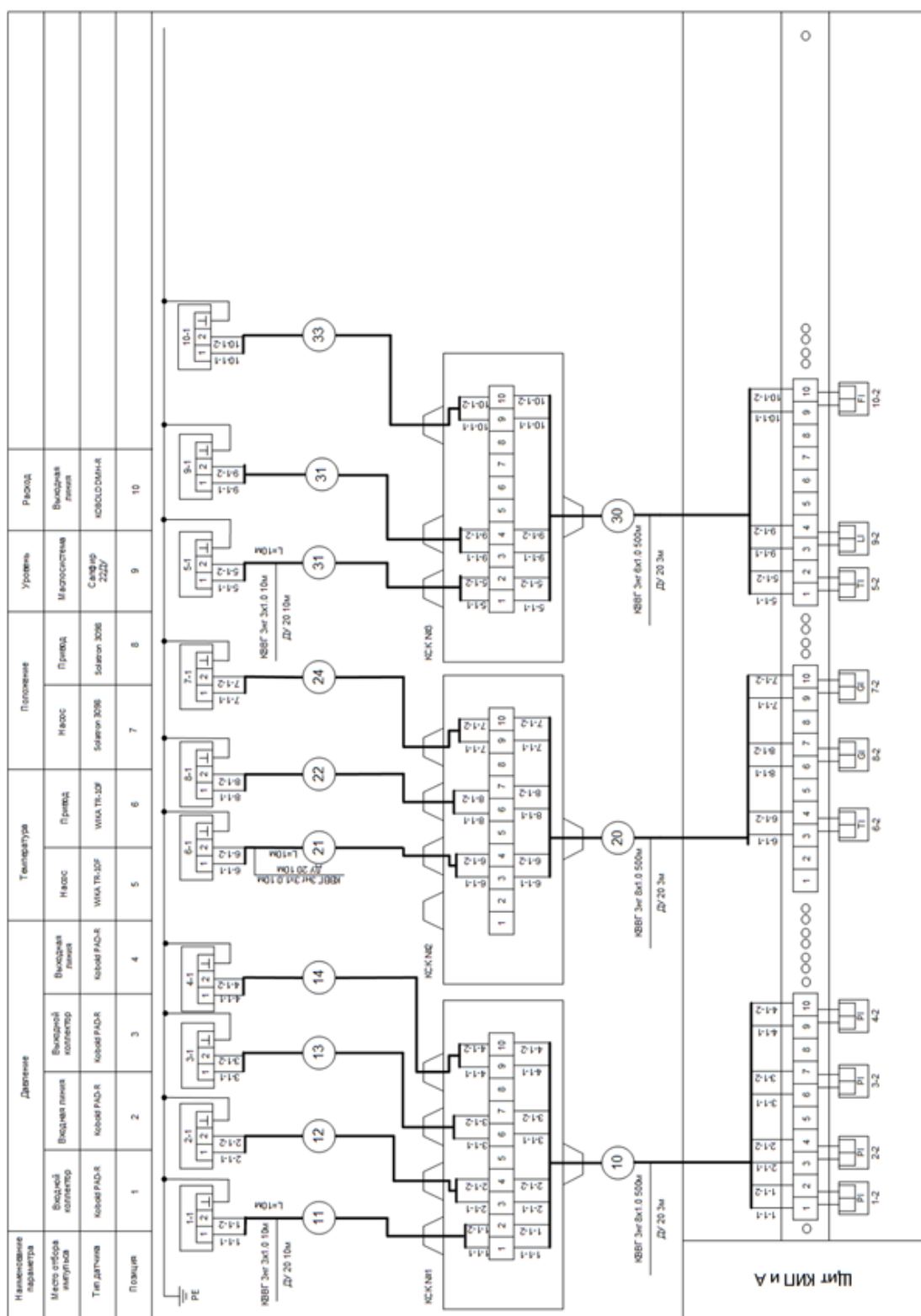
Приложение Г



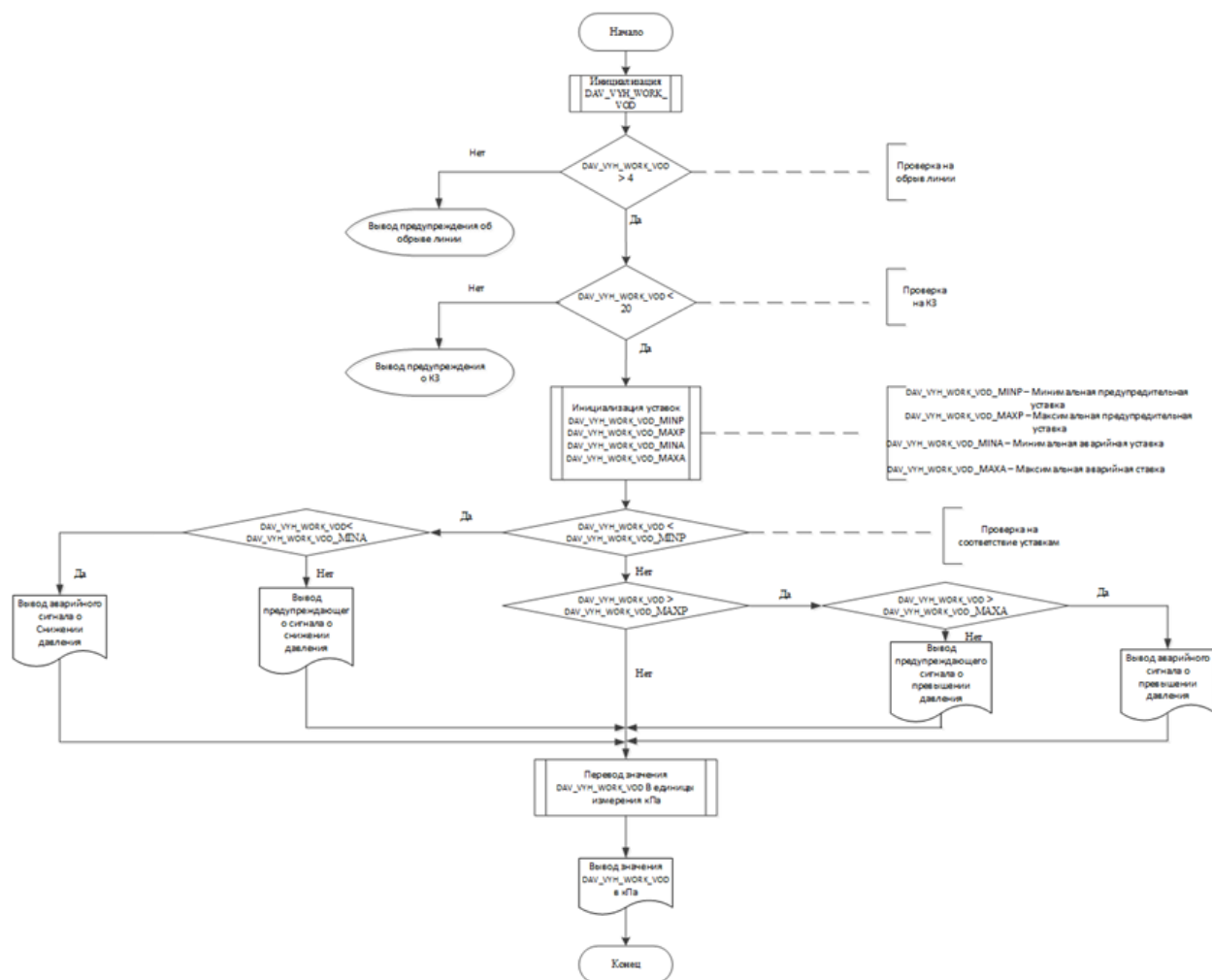
Приложение Д



Приложение Е



Приложение Ж



Приложение 3

